Библиотека радиолюбителя

Г. А. Сницерев

НАЛАЖИВАНИЕ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЁМНИКА

СВЯЗЬИЗДАТ 1952

Г. А. СНИЦЕРЕВ

НАЛАЖИВАНИЕ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЁМНИКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО
ВОПРОСАМ СВЯЗИ И РАДИО
МОСКВА 1952

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вместе с развитием народного хозяйства нашей страны и ростом благосостояния трудящихся всё больше высококачественных радиоприёмников и телевизоров выпускается промышленностью для населения. Общее количество радиоприёмников, находящихся в эксплуатации, исчисляется теперь миллионами штук и продолжает непрерывно расти. Этому росту в значительной мере способствуют радиолюбители, активно занимающиеся конструированием и изготовлением радиоприёмников и принимающие активное участие в радиофикации сёл и городов.

Обычно творческий путь радиолюбителя начинается с изготовления детекторного приёмника или приёмника прямого усиления. Следующей стадией является работа по изготовлению и налаживанию супергетеродина.

Эта брошюра предназначена для радиолюбителей, впервые приступающих к налаживанию приёмников супергетеродинного типа. В начале брошюры дано описание физических процессов в супергетеродине, без ясного понимания которых невозможно наладить приёмник, как бы хорошо он ни был собран. Затем излагается методика налаживания приёмника при использовании контрольно-измерительных приборов, изготовление которых доступно начинающему радиолюбителю.

Все замечания по брошюре следует направлять в Связьиздат по адресу: Москва центр, Чистопрудный бульвар, 2.

КАК РАБОТАЕТ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Принцип супергетеродинного приёма

Супергетеродином называют приёмник, в котором при настройке на любую частоту, сигналы радиостанции, работающей на этой частоте, преобразуются в колебания некоторой, выбранной для данного приёмника, постоянной частоты, называемой промежуточной. Преобразование осуществляется таким образом, что колебания промежуточной частоты оказываются модулированными точно так же, как и сигнал станции, на которую настроен супергетеродин.

Полученные в результате преобразования модулированные колебания промежуточной частоты усиливаются и затем посредством детектирования из них выделяются колебания звуковой частоты. Колебания звуковой частоты усиливаются обычным порядком и после усиления подводятся к громкоговорителю.

Таким образом, характерной чертой супергетеродина является то, что колебания звуковой частоты выделяются не непосредственно из принимаемого сигнала (как это делается в приёмниках прямого усиления), а из колебаний постоянной промежуточной частоты, в которые преобразуются принимаемые сигналы независимо от их частоты. Так, если промежуточная частота в супергетеродине выбрана равной, например, 460 *кгц*, то в колебания этой частоты преобразуются сигналы всех станций, на которые настраивается супергетеродин, и колебания звуковой частоты получаются в результате детектирования колебаний промежуточной частоты 460 *кгц*.

Схема, поясняющая принцип супергетеродинного приёма, изображена на рис. 1.

Сущность процесса преобразования частот состоит в том, что принимаемые колебания смешиваются с колебаниями, создаваемыми специальным гетеродином, имеющимся в приёмнике, причём частота последних отличается от принимаемой частоты. При взаимодействии этих двух колебаний различных частот в специальной лампе образуются новые колебания.

Колебания промежуточной частоты могут быть выделены при помощи контура, который для этого

Рис. 1. Схема, поясняющая принцип супергетеродинного приёма

должен быть настроен на разность частоты гетеродина и принимаемой частоты. Так, например, при частоте принимаемого сигнала 600 *кгц* и частоте гетеродина 1000 *кгц*, получаются колебания промежуточной частоты 1000—600= =400 *кгц*, следовательно, контур, выделяющий промежуточную частоту, должен быть настроен в этом случае на частоту 400 *кгц*.

Подбирая соответствующим образом частоту гетеродина приёмника, всегда можно преобразовать любую принимаемую частоту в постоянную промежуточную частоту. Очевидно, что для этого частоту гетеродина нужно устанавливать такой, чтобы разность между нею и принимаемой частотой была равна выбранной промежуточной частоте. Для этого нужно, чтобы частота гетеродина всегда была выше или ниже принимаемой на величину промежуточной частоты. Предположим, что нужно преобразовать принимаемые частоты 600, 800 и 1000 *кгц* в промежуточную частоту, равную 450 *кгц*. Промежуточную частоту 450 *кгц* можно получить, устанавливая частоту гетеродина на 450 *кгц* выше или ниже принимаемой частоты. Настраивая гетеродин на частоты выше принимаемых, для приёма частоты 600 *кгц*, нужно установить частоту гетеродина равной 600 + 450 = 1050 *кгц* и соответственно 1250 и 1450 *кгц* при приёме частот 800 и 1000 *кгц*. При частотах гетеродина ниже принимаемых, для приёма

частоты 600 *кгц*, частота гетеродина должна быть равной 600 — 450 = 150 *кгц* и соответственно 350 и 550 *кгц* при приёме частот 800 и 1000 *кгц*. Принципиально безразлично, будет ли частота гетеродина выше или ниже принимаемой, но по ряду практических соображений её выбирают обычно выше.

Настройка супергетеродина на принимаемую частоту

Та часть схемы супергетеродина, где принимаемая частота преобразуется в промежуточную, называется преобразователем частоты или просто преобразователем. Преобразователь состоит из устройства (смесителя), смешивающего принимаемые колебания с колебаниями гетеродина приёмника, гетеродина приёмника и контура, выделяющего колебания промежуточной частоты (рис. 2). Этот контур, называемый также фильтром промежуточной частоты, раз навсегда настраивается на выбранную для данного приёмника промежуточную частоту. В этом случае процесс настройки супергетеродина на принимаемый сигнал сводится к подбору такой частоты местного гетеродина, которая, будучи смешана с принимаемой, даст выбранную промежуточную частоту. Для этого частота гетеродина должна быть выше или ниже принимаемой на величину промежуточной частоты. При этом в колебания промежуточной частоты преобразуется сигнал той станции, частота которой отличается от частоты гетеродина точно на величину промежуточной частоты. Сигналы других станций, будучи смешаны с колебаниями гетеродина, окажутся преобразованными в промежуточные частоты, отличающиеся от той, на которую настроен фильтр, и поэтому или не будут выделены совсем или

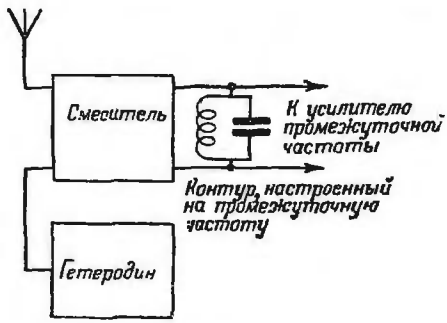

Рис. 2. Блок-схема преобразователя частоты

будут выделены слабо. Так, например, если на вход преобразователя одновременно поступают сигналы станций, работающих на частотах 700, 800 и 900 *кгц*, то при промежуточной частоте 450 *кгц* и настройке гетеродина на 1250 *кгц* в промежуточную частоту 450 *кгц* окажется преобразованным сигнал станции, работающей на 800 *кгц*. Сигналы остальных двух станций соответственно преобразуются в промежуточные частоты, равные 550 и 350 *кгц*. Так как фильтр в нашем случае настроен на 450 *кгц*, то он выделит только преобразованный сигнал станции, работающей на 800 *кгц*.

Выделение колебаний звуковой частоты производится посредством детектирования модулированных высокочастотных колебаний.

Для того, чтобы детектирование происходило без искажений, к детектору нужно подводить достаточно большое напряжение модулированных высокочастотных колебаний (порядка одного-двух вольт).

Для получения такого напряжения на детекторе при приёме слабых сигналов, т. е. для того, чтобы сделать приёмник чувствительным, принимаемые колебания нужно усилить.

Известно, что чем выше частота колебаний, тем их труднее усиливать. Поэтому приёмники, в которых применяется непосредственное усиление принимаемых колебаний (приёмники прямого усиления) на коротковолновой части диапазона (т. е. на высоких частотах) обладают значительно более низкой чувствительностью, чем на длинноволновой.

В супергетеродинах как низкие, так и высокие принимаемые частоты преобразовываются в сравнительно невысокую (обычно порядка 450—470 *кгц* или даже 110 *кгц*) промежуточную частоту, усиление которой не представляет затруднений.

Поэтому супергетеродины обладают высокой и равномерной чувствительностью по всему диапазону принимаемых частот.

Помимо высокой чувствительности супергетеродин, благодаря положенному в основу его работы принципу преобразования частоты, обладает также и высокой избирательностью.

Для получения высокой избирательности к детектору приёмника должны подводиться только те модулирован-

ные колебания, из которых будут выделяться полезные колебания звуковой частоты.

В супергетеродинах детектируются усиленные колебания промежуточной частоты. Для того, чтобы избирательность супергетеродина была высокой, нужно, чтобы усилитель промежуточной частоты хорошо усиливал преобразованные сигналы принимаемой станции (т. е. колебания промежуточной частоты) и совсем не усиливал или усиливал плохо колебания, в которые окажутся преобразованными сигналы остальных станций. Поясним изложенное примером. Предположим, что на супергетеродин с промежуточной частотой 465 *кгц* осуществляется приём станции, работающей на частоте 700 *кгц*, причём одновременно с этой станцией работают ещё станции на частотах 690 и 710 *кгц*. При настройке местного гетеродина приёмника на частоту 700 + 465 = 1165 *кгц* сигнал станции, работающей на 800 *кгц*, преобразуется в промежуточную частоту 465 *кгц*. Колебания этой частоты будут выделены настроенным на неё фильтром, усилены и подведены к детектору.

Сигналы станций, работающих на 690 и 710 *кгц*, смешиваясь с колебаниями местного гетеродина, окажутся соответственно преобразованными в частоты 1165—690 = = 475 *кгц* и 1165—710 = 455 *кгц*.

Если фильтр промежуточной частоты не сможет отделить частоту 465 *кгц* от частот 475 и 455 *кгц*, к детектору окажутся подведёнными усиленные преобразованные сигналы всех трёх станций, в результате чего одновременно будут слышны все три передачи. Для того, чтобы слышать передачу только нужной станции, усилитель промежуточной частоты должен хорошо усиливать только колебания с частотой 465 *кгц*.

Говоря другими словами, избирательность супергетеродина определяется способностью его усилителя промежуточной частоты отделить преобразованный сигнал принимаемой станции от преобразованных сигналов других станций, т. е. избирательностью усилителя промежуточной частоты.

Для обеспечения нужной избирательности этого усилителя в каждую из его ступеней включается настроенный на промежуточную частоту фильтр.

Для хорошего, без частотных искажений, воспроизведения принимаемой передачи усилитель, помимо выбран-

ной промежуточной частоты, должен ещё хорошо усиливать частоты, отличающиеся от неё примерно на 4000 *гц* (рис. 3). Таким образом, усилитель должен усиливать

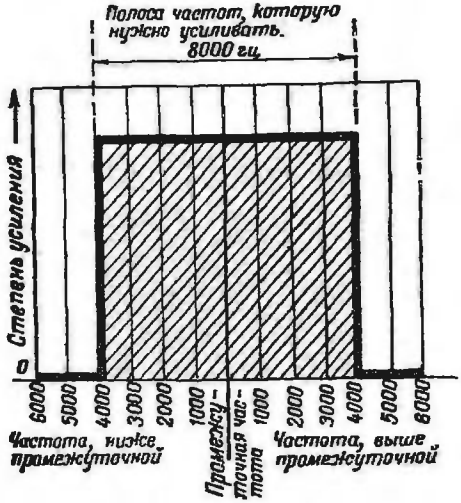

Рис. 3. Полоса частот, которую должен усиливать усилитель промежуточной частоты. На рисунке показан идеальный случай, когда все частоты, отличающиеся от промежуточной больше чем на 4000 *гц*, совсем не усиливаются и все, отличающиеся меньше чем на 4000 *гц*, усиливаются равномерно

целую полосу частот, следовательно, фильтры должны пропускать не одну промежуточную частоту, а полосу частот. Свойством пропускать полосу частот обладают связанные между собой контуры. Поэтому в супергетеродинах обычно применяют фильтры, каждый из которых состоит из двух связанных между собой контуров, настроенных на промежуточную частоту. Такие фильтры называются полосовыми (рис. 4). Наиболее широко распространены фильтры с индуктивной связью между контурами.

Эти фильтры настраиваются на промежуточную частоту раз навсегда.

Следует отметить, что на той части диапазона, где принимаемая частота выше промежуточной, избирательность супергетеродина будет высокой не только из-за наличия в нём полосовых фильтров, но и потому, что уси-

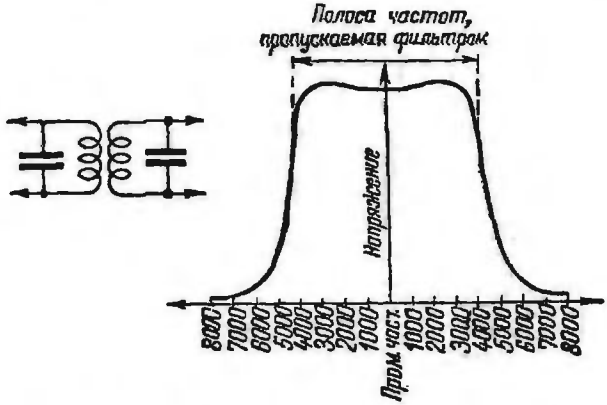

Рис. 4. Схема полосового фильтра с индуктивной связью и его частотная характеристика

ление ведётся на пониженной по сравнению с принимаемой частоте. Поясним изложенное примером. Пусть нужно принять станцию, работающую на частоте 5000 *кгц*, причём одновременно с ней на частоте 5050 *кгц* работает другая станция; таким образом мешающая частота отличается от принимаемой на 50 *кгц* или на 1%. Разделить эти частоты при помощи контура (так, как это делается в приёмниках прямого усиления) очень трудно, так как для этого потребуется контур очень хорошего качества. При приёме частоты 5000 *кгц* на супергетеродин с промежуточной частотой, скажем, равной 500 *кгц*, гетеродин приёмника необходимо настроить на частоту 5000 + + 500 = 5500 *кгц*. Сигнал мешающей станции окажется при этом преобразованным в частоту 5500 — 5050 = = 450 *кгц*. При усилении в усилителе промежуточной частоты преобразованный в 500 *кгц* принимаемый сигнал легко отделяется от преобразованного в 450 *кгц* мешающего сигнала, так как они отличаются друг от друга по частоте уже не на 1%, а на 10%.

Чем ниже по сравнению с принимаемой выбрана промежуточная частота в супергетеродине, тем выше его избирательность. Так, например, принимаемый сигнал на частоте 20 *мгц* и мешающий на частоте 20,1 *мгц*, от-

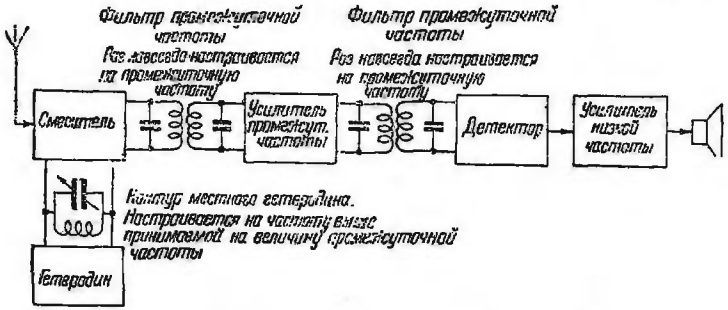

Рис. 5. Упрощённая блок-схема супергетеродина

личающиеся друг от друга по частоте на 0,5%, при промежуточной частоте 500 *кгц* будут преобразованы в сигналы, частоты которых отличаются на 100%. Это свойство супергетеродина особенно ценно при приёме на коротковолновой части диапазона, где разделение принимаемой и мешающей частот представляет особые трудности.

Установка нужной частоты гетеродина производится посредством настройки на эту частоту его колебательного контура. Таким образом, настройка супергетеродина определяется настройкой контура его гетеродина. В изображённой на рис. 5 схеме контур гетеродина является единственным, перестраиваемым в процессе настройки. Все остальные контуры раз навсегда настраиваются на промежуточную частоту и в процессе настройки не перестраиваются. Однако, такой приёмник, собранный по схеме рис. 5, работает неудовлетворительно.

Зеркальная помеха

Обычно при супергетеродинном приёме применяют также контуры, настраиваемые на частоту принимаемого сигнала. Их главное назначение состоит в том, чтобы подавить сигналы станций, создающих так называемую зеркальную помеху.

Что такое зеркальная помеха — разберём на следующем примере. Предположим, что на приёмник с промежуточной частотой 110 *кгц* принимаются сигналы станции, работающей на частоте 1000 *кгц*. Гетеродин приёмника должен быть при этом настроен на частоту 1110 *кгц*. Может случиться так, что на частоте 1220 *кгц* будет в это время работать другая станция. Сигналы этой станции, попав в преобразователь приёмника, окажутся преобразованными в частоту 1220—1110=110 *кгц*. Эта частота равна промежуточной, следовательно, она будет усилена усилителем промежуточной частоты. В результате одновременно будет слышна передача двух станций: той, которую необходимо принимать, и той, частота которой выше принимаемой на величину удвоенной промежуточной частоты. Такие помехи называются зеркальными или симметричными, так как частоты принимаемой и мешающей станций всегда расположены симметрично относительно частоты гетеродина.

Для того, чтобы принимать сигнал только нужной станции, необходимо каким-либо образом ослабить сигнал станции, создающей зеркальную помеху. Сделать это нужно до преобразования, ибо именно в результате преобразования и получается сигнал мешающей станции на промежуточной частоте. Для этого на входе приёмника включают контур, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала. Этот контур выделяет колебания принимаемой частоты и ослабляет колебания всех остальных частот, в том числе и станции, создающей зеркальную помеху. Включение этого контура приведёт не только к подавлению зеркальной помехи, но и несколько увеличит чувствительность и избирательность приёмника.

В некоторых случаях на вход приёмника включают не один контур, а целый участок схемы, предназначенный для выделения принимаемых и ослабления мешающих частот. Так, например, в сложных приёмниках осуществляют предварительное усиление принимаемых колебаний. Благодаря введению усилителя принимаемых частот (усилителя высокой частоты) количество настраиваемых на эти частоты контуров увеличивается и эффективность подавления помех повышается.

Для получения высокой чувствительности и избирательности более выгодны, как об этом указывалось ранее, низкие промежуточные частоты. Удобными во всех отноше-

ниях оказываются частоты порядка 450—470 *кгц*, которые обычно и выбираются в качестве промежуточных. При этих частотах можно полностью избавиться от зеркальных помех на всех поддиапазонах, за исключением коротковолнового, где подавление помех будет сравнительно малоэффективным. В простых приёмниках промежуточную частоту выбирают иногда равной 110—120 *кгц*, что обеспечивает хорошую чувствительность и избирательность приёмника, но не обеспечивает достаточно эффективного подавления зеркальных помех.

Сопряжение настроек контуров

На рис. 6 изображена схема супергетеродина с входным контуром. В этом приёмнике в процессе настройки должны перестраиваться два контура: входной и гетеродина, причём входной контур (входная цепь) должен настраиваться на частоту принимаемого сигнала, а гетеродина — на частоту, превышающую принимаемую на величину выбранной для данного приёмника промежуточной частоты.

Для удобства пользования приёмником управление настройкой входного контура и контура гетеродина объеди-

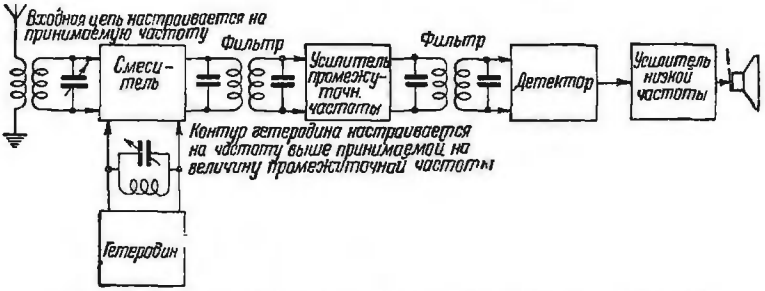

Рис. 6. Блок-схема супергетеродина с входным контуром

няют, для чего их конденсаторы соединяются общей осью. При повороте этой оси на любой угол, разница между частотами, на которые при этом будут настроены контур гетеродина и входной контур, всегда должна быть одной и той же, равной выбранному значению промежуточной частоты. Другими словами, настройки входного контура и контура гетеродина должны быть сопряжены.

На рис. 7 графически показано сопряжение контуров для длинноволнового диапазона приёмника при промежуточной частоте 110 *кгц*. Перекрытие всего диапазона осуществляется посредством поворота оси агрегата от 0 до 180°. Нулевому положению соответствует наибольшая ёмкость конденсаторов. При этом положении входной контур должен быть настроен на 150 *кгц* — самую низкую частоту поддиапазона. Для приёма сигналов станции, работающей на этой частоте, контур гетеродина должен быть настроен на частоту выше принимаемой на 110 *кгц*, т. е. на 150+110=260 *кгц*. Точно таким же образом и при повороте оси на любой другой угол частота, на которую должен быть настроен контур гетеродина, должна на 110 *кгц* превышать частоту, на которую при этом окажется настроенным входной контур.

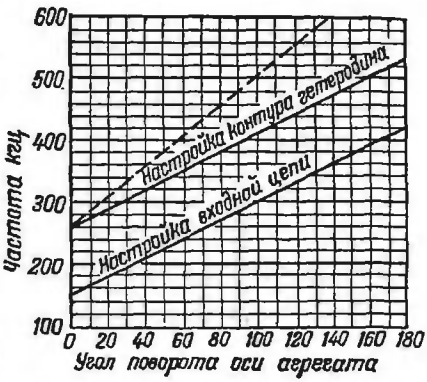

Рис. 7. Сопряжение настроек контуров длинноволнового поддиапазона при промежуточной частоте 110 *кгц*. Пунктиром показано неправильное сопряжение

Пунктирной линией на графике показано неправильное сопряжение, при котором разность между настройками контуров не остаётся неизменной, а при различных углах поворота — различна. В этом случае радиоприёмник сможет принять только сигналы станции, работающей на 150 *кгц*, так как только при нулевом положении оси разность между настройками контуров будет равна выбранной промежуточной частоте 110 *кгц*. При всех других положениях разность больше 110 *кгц*. Если при таком сопряжении попытаться принять сигналы станции, работающей на частоте, например, 300 *кгц*, нужно будет настроить контур гетеродина на частоту 300 + 110 = 410 *кгц*, для чего ось конденсаторов нужно повернуть на 60°. Входной контур окажется при этом настроенным вместо частоты 300 *кгц* на 240 *кгц* и не только не выделит принимаемый сигнал, но даже ослабит его, вследствие чего приём ока-

жется невозможным. При повороте оси на угол 100° входной контур окажется настроенным на 300 *кгц* и выделит принимаемый сигнал. Но при этом контур гетеродина будет настроен на 500 *кгц*, вследствие чего принимаемый сигнал окажется преобразованным в частоту 500 — 300 = = 200 *кгц*. Так как в данном супергетеродине фильтры промежуточной частоты настроены на 110 *кгц*, принимаемый сигнал, преобразованный в 200 *кгц*, пропущен ими не будет. Следовательно, и в этом случае приём окажется невозможным.

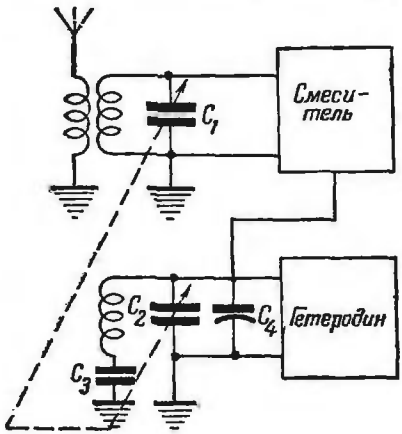

Рис. 8. Сопряжение настроек входного контура и контура гетеродина. Для получения нужного перекрытия в контур гетеродина включены конденсаторы C_3 (сопрягающий) и C_4 (подстроечный)

Из приведённого примера видно, какое большое значение имеет правильное сопряжение настроек контуров.

Особенностью системы настройки супергетеродина является то, что входной контур и контур гетеродина всегда настраиваются на различающиеся между собой частоты и поэтому перекрывают неодинаковые диапазоны частот. Так, например, на длинноволновом поддиапазоне (150—420 *кгц*) перекрытие входного контура составляет $\frac{420}{150} = 2{,}8$, в то время, как перекрытие контура гетеродина при промежуточной частоте 110 *кгц* будет $\frac{420+110}{150+110} = 2{,}03$, т. е. меньше, чем у входного контура.

В конденсаторных агрегатах, при помощи которых производится настройка контуров в супергетеродине, по производственным соображениям все секции изготавливаются совершенно идентичными, т. е. одинаковыми по ёмкости и с одинаковой формой пластин. Чтобы с одинаковыми конденсаторами переменной ёмкости получить нужные перекрытия, в контур гетеродина вводят дополнительные

ёмкости (C_3 и C_4 на рис. 8). При этом точное сопряжение настроек получается только в трёх точках поддиапазона. Во всех остальных точках частота гетеродина отклоняется от требуемой (рис. 9), но отклонение это незначительно.

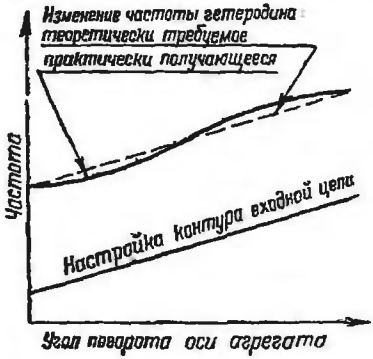

Рис. 9. Сопряжение настроек контуров при включённых в контур гетеродина конденсаторах C_3 и C_4 (см. рис. 8).

Необходимые величины включаемых в контур гетеродина ёмкостей определяются специальным расчётом или подбираются опытным путём.

ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМЫ И ОБЩАЯ СХЕМА СУПЕРГЕТЕРОДИНА

Преобразователь частоты

Как указывалось выше, преобразователь частоты должен состоять из смесителя, местного гетеродина и фильтра, выделяющего постоянную промежуточную частоту.

Смешивание и генерирование колебаний производятся при помощи ламп. Для этой цели используются либо две отдельные лампы (смесительная и гетеродина), либо одна — преобразовательная, выполняющая функции генерирования и смешивания колебаний.

На рис. 10 изображена схема, в которой используется пятисеточная преобразовательная лампа пентагрид типа 6А8.

Пентагрид представляет собой комбинацию двух ламп: триода и тетрода (экранированная лампа), помещённых в один баллон и связанных общим электронным потоком. Триодная часть лампы служит для генерирования колебаний и заменяет собой отдельную лампу гетеродина. Первая и вторая сетки лампы (считая от катода) служат соответственно управляющей сеткой и анодом триода. Тетродная часть лампы состоит из сеток *4* и *5* (соответственно управляющая и экранирующая сетки тетрода) и анода *А*. Сетка *3* экранирует триодную часть от тетродной. На эту сетку подаётся постоянное положительное напряжение. Внутри лампы сетка *3* соединена с сеткой *5*, так как на эту сетку также подаётся положительное напряжение. К управляющей сетке триода через конденсатор C_5 присоединён колебательный контур гетеродина, состоящий из катушки L_3 переменного конденсатора C_2 и сопрягающих конденсаторов C_3 и C_4. С катушкой L_3 индуктивно связана катушка обратной связи L_4 присое-

динённая к сетке *2*, служащей анодом триода. Благодаря обратной связи между анодной и сеточной цепями триода в схеме возникают колебания с частотой, определяемой данными контура.

Излучаемый катодом поток электронов, направляясь к аноду *А*, проходит через сетки *1* и *2*. Так как на этих

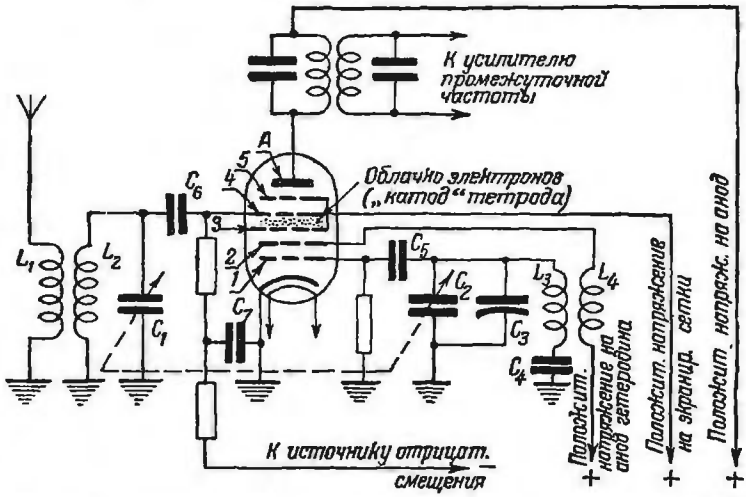

Рис. 10. Принципиальная схема преобразователя с пентагридом 6А8

сетках действуют переменные напряжения, изменяющиеся с частотой генерируемых колебаний, электронный поток также начинает изменяться с этой частотой.

В пространстве между сетками *3* и *4* электроны образуют облачко, так как сетка *4*, на которую подаётся отрицательное смещение, оказывает тормозящее действие на электронный поток. Плотность пространственного заряда в этом облачке изменяется так, как изменяется частота генерируемых триодной частью лампы колебаний. Облачко можно рассматривать как катод тетродной части лампы, излучающий изменяющееся с генерируемой частотой количество электронов. Благодаря этому крутизна тетродной части лампы также изменяется с генерируемой частотой.

Помимо отрицательного смещения, на четвёртую сетку лампы подаётся напряжение принимаемых сигналов, выделенное настроенным на их частоту контуром L_2 C_1. Если бы крутизна тетродной части лампы не изменялась, эта часть лампы просто усиливала бы принимаемые сигналы. Но так как крутизна изменяется с генерируемой

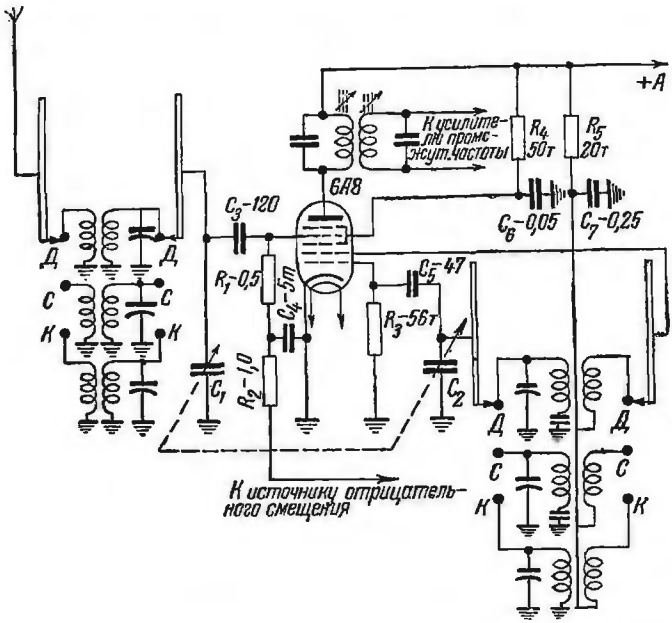

Рис. 11. Схема преобразователя с лампой 6А8

триодной частью частотой, в тетродной части происходит смешивание принимаемых колебаний с генерируемыми и образование колебаний промежуточной частоты. Эти колебания выделяются включённым в анодную цепь лампы фильтром и направляются для дальнейшего усиления в усилитель промежуточной частоты.

На рис. 11 изображена распространённая схема преобразователя на лампе 6А8. В этой схеме применены отдельные катушки для каждого из поддиапазонов. Схема в принципе не отличается от изображённой на рис. 10, за исключением того, что питание экранирующих сеток и

анода гетеродинной (триодной) части лампы осуществляется от выпрямителя приёмника через гасящие сопротивления R_4 и R_5. Конденсаторы C_6 и C_7 являются блокировочными. Они служат для того, чтобы замкнуть на землю высокочастотные токи и не пропустить их в другие цепи приёмника. Таково же назначение и конденсатора C_4.

В коротковолновом контуре гетеродина сопрягающий конденсатор отсутствует. Частота гетеродина на коротковолновом диапазоне незначительно отличается от принимаемой, поэтому удовлетворительное сопряжение настроек получается и без этого конденсатора.

Для успешной работы супергетеродина существенное значение имеет постоянство (стабильность) частоты, генерируемой гетеродином. Предположим, что в приёмнике с промежуточной частотой 460 *кгц* на вход преобразователя поступает принимаемый сигнал с частотой 200 *кгц*. Для приёма этого сигнала гетеродин должен быть настроен на частоту 200 + 460 = 660 *кгц*. Представим теперь, что во время приёма частота, генерируемая гетеродином, по каким-то причинам изменилась на 0,5% и стала равной 656,7 *кгц* вместо 660 *кгц*. В этом случае принимаемый сигнал окажется преобразованным в промежуточную частоту 656,7 — 200 = 456,7 *кгц*. Этот преобразованный сигнал будет усилен хуже, чем был бы усилен сигнал, преобразованный в 460 *кгц*, так как фильтры промежуточной частоты приёмника настроены на 460 *кгц*.

Нестабильность частоты гетеродина сильнее всего сказывается при приёме коротких волн. Так, например, при приёме сигнала на частоте 20 *мгц* в приёмнике с промежуточной частотой 465 *кгц* изменение частоты гетеродина на 0,5% приведёт к тому, что принимаемый сигнал будет преобразован в промежуточную частоту, отличающуюся от 460 *кгц* на 102,3 *кгц*. Ясно, что в этом случае передача принимаемой станции совсем не будет слышна, так как её преобразованные сигналы фильтры промежуточной частоты вообще не пропустят.

Стабильность генерируемой гетеродином частоты зависит от того, насколько данные его колебательного контура изменяются под влиянием различного рода механических воздействий (тряски, толчков) и колебаний температуры и влажности воздуха. Кроме того, стабильность частоты зависит от постоянства внутриламповых ёмко-

стей, которые могут изменяться при прогреве лампы, а также при изменении питающих её напряжений.

Для обеспечения стабильной работы гетеродина в его контурах следует применять детали, данные которых возможно меньше изменяются под влиянием перечисленных выше причин. Так, наиболее подходящими для контуров гетеродина конденсаторами являются керамические постоянные конденсаторы типов КТК и КДК, кроме конденсаторов группы «Ж» (оранжевая окраска корпуса), ёмкость которых при повышении температуры значительно уменьшается, и полупеременные — типа КПК. Агрегат переменных конденсаторов также по своей конструкции должен быть надёжным. Применяемые в нём изоляторы должны быть хорошего качества, лучше всего керамическими. То же нужно сказать и о переключателе поддиапазонов. Индуктивность контурных катушек также не должна изменяться под влиянием механических воздействий, температуры и влажности. На коротковолновых поддиапазонах лучше всего применять катушки, намотанные на каркасы из керамики. Кроме того, для стабильной работы гетеродина, следует применять катушки с возможно меньшими потерями. Монтаж колебательных контуров следует производить короткими жёсткими проводниками.

Частота генерируемых лампой колебаний зависит не только от данных контура, но и в некоторой степени, от величины внутреннего сопротивления лампы, с изменением которого изменяется и частота. Внутреннее сопротивление лампы зависит от напряжений на её электродах.

В лампе 6А8 наблюдается заметное изменение внутреннего сопротивления её триодной части при изменениях напряжения на четвёртой сетке, благодаря чему генерируемая частота также изменяется. Это явление особенно сильно сказывается на коротких волнах. Поэтому лампа 6А8 при приёме частот выше 20 *мгц* работает плохо.

Промышленностью выпускается лампа 6А7 и аналогичная ей стеклянная лампа 6А10С, работающие на коротких волнах значительно лучше, чем 6А8. Эти лампы так же, как и 6А8, имеют пять сеток, однако, используются эти сетки иначе, чем у 6А8.

На рис. 12 изображена схема преобразовательной ступени с лампой 6А7. Первая сетка лампы является управляющей сеткой гетеродина. Роль анода гетеродина выполняют соединённые внутри лампы вторая и четвёртая сетки.

Для лампы 6А7 применяется так называемая трёхточечная схема гетеродина с заземлённым анодом. При этой схеме анод гетеродина шунтируется ёмкостью на землю (конденсатор C_7 на рис. 12) и, следовательно, не находится под напряжением высокой частоты. Благодаря этому

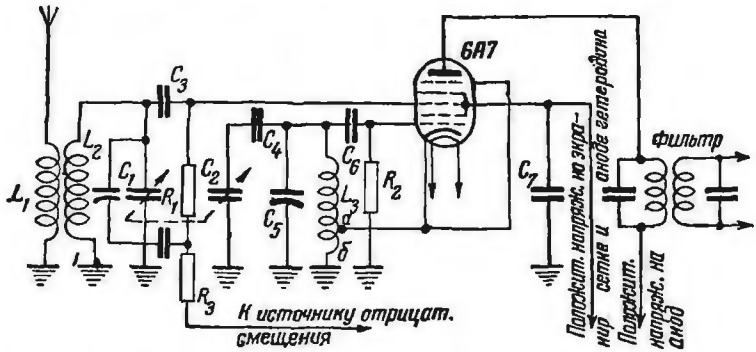

Рис. 12. Принципиальная схема преобразователя с лампой 6А7

вторую и четвёртую сетки, помимо анода гетеродина, оказалось возможным использовать ещё и как экранирующие, а пятую сетку — как защитную.

Контур гетеродина состоит из катушки L_3 переменного конденсатора C_2 и сопрягающих конденсаторов C_4 и C_5. От части витков катушки сделан отвод, к которому присоединён катод лампы. При этом цепь первой сетки оказывается связанной с анодной цепью лампы (так как через часть катушки L_3 между точками *а* и *б* к катоду протекает анодный ток), отчего в схеме возникают колебания, частота которых будет определяться данными контура гетеродина. Под действием напряжения на первой сетке лампы, изменяющегося с частотой этих колебаний, начнёт изменяться и анодный ток лампы с генерируемой частотой.

К третьей сетке лампы подводится напряжение принимаемого сигнала, выделенное настроенным на его частоту контуром L_2 C_1. Это напряжение также будет воздействовать на анодный ток лампы, заставляя его изменяться с частотой принимаемых колебаний.

Таким образом, в лампе 6А7 так же, как и в лампе 6А8, анодный ток оказывается под одновременным воз-

действием колебаний местного гетеродина и принимаемых. В результате этого в анодной цепи лампы появляются колебания промежуточной частоты, выделяемые настроенным на неё фильтром.

Благодаря особенностям контрукции и наличию защитной сетки лампы 6А7 и 6А10С работают значительно лучше ламп 6А8.

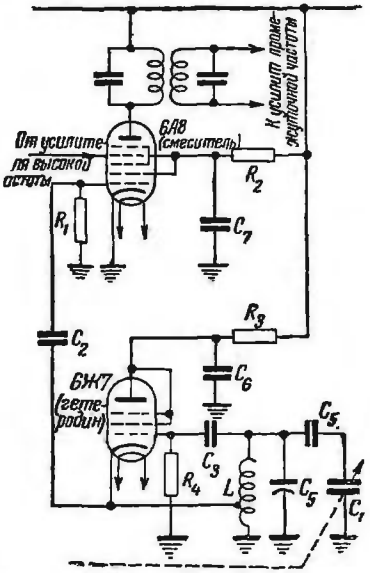

Рис. 13. Принципиальная схема преобразователя с лампами 6А8 и 6Ж7

В частности, большим преимуществом этих ламп является стабильная работа гетеродина, что позволяет успешно использовать их на коротких волнах.

В современных высококачественных приёмниках применяют преобразователи частоты с отдельными смесительной и гетеродинной лампами. Такие приёмники устойчивее работают на коротких волнах, так как при разделённых лампах смесителя и гетеродина изменение напряжения на сетке, к которой подводится принимаемый сигнал, не изменяет частоты гетеродина.

В качестве смесительных ламп в двухламповых преобразователях применяются лампы 6А8 и 6А7, в качестве гетеродинных — 6С5, 6С2С и включённая триодом 6Ж7.

На рис. 13 и 14 изображены принципиальные схемы двухламповых преобразователей с лампами 6А8 и 6А7 в качестве смесительных.

При использовании в качестве смесителя лампы 6А8 (рис. 13) колебания, генерируемые местным гетеродином, подводятся к её первой сетке, а вторая сетка соединяется вместе с экранирующими. Напряжение высокой частоты подводится ко второй сетке через конденсатор C_2 с като-

да лампы 6Ж7, работающей в трёхточечной схеме гетеродина с заземлённым анодом. Экранирующая и защитная сетки у лампы 6Ж7 соединены с анодом, так как эта лампа включена как триод. Разумеется, что местный гетеродин может быть собран как по другой схеме, так и на другой лампе.

Напряжение принимаемых сигналов подводится к четвёртой сетке лампы. Работа лампы 6А8 как смесителя осуществляется так же, как и в схеме рис. 11.

Выше упоминалось, что двухламповые преобразователи применяются в высококачественных приёмниках. Такие приёмники обычно имеют усилитель высокой частоты. Поэтому на рис. 13 показано, что принимаемый сигнал поступает на четвёртую сетку не от входного контура, а от усилителя высокой частоты.

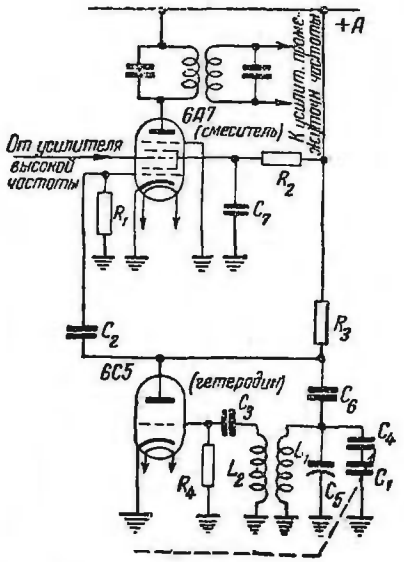

Рис. 14. Принципиальная схема преобразователя с лампами 6А7 и 6С5

На рис. 14 изображена схема преобразователя со смесительной лампой 6А7 и лампой гетеродина 6С5. Преобразование получается в результате воздействия на анодный ток лампы напряжения принимаемого сигнала, подводимого к её третьей сетке, и подводимого к первой сетке напряжения, генерируемого гетеродином.

Гетеродин собран по схеме с контуром в анодной цепи и индуктивной обратной связью. Схема питания анодной цепи лампы гетеродина параллельная. При такой схеме переменный высокочастотный ток через конденсатор C_6 направляется к контуру, а постоянный анодный ток проходит через сопротивление R_3. Генерируемое напряжение снимается с анода лампы 6С5 и через конденсатор C_2 подводится к первой сетке лампы 6А7.

Усилитель промежуточной частоты

Чувствительность и избирательность супергетеродина определяются его усилителем промежуточной частоты, в котором преобразованные в напряжение промежуточной частоты принимаемые сигналы усиливаются и отделяются от других (мешающих) сигналов.

В современных супергетеродинах для усиления промежуточной частоты используются пятиэлектродные лампы—пентоды. Пентоды дают большое усиление, поэтому усилители промежуточной частоты имеют обычно небольшое число ступеней. Так, в радиовещательных приёмниках нужная величина усиления обычно обеспечивается одной ступенью.

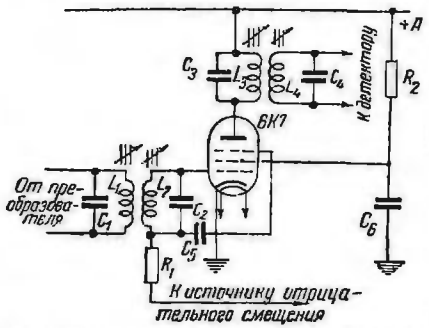

Рис. 15. Схема одноступенного усилителя промежуточной частоты

На рис. 15 изображена типичная схема усилителя промежуточной частоты, применяемая в большинстве радиовещательных приёмников. В этой схеме используется пентод 6К7. Подлежащее усилению напряжение промежуточной частоты, выделенное фильтром из анодной цепи преобразователя или смесителя, подводится к управляющей сетке пентода. Включённый в анодную цепь пентода фильтр, выделяет усиленное напряжение промежуточной частоты, подводимое далее к детектору.

Для усилителя промежуточной частоты целесообразно использовать высокочастотный пентод 6К3, превосходящий по своим качествам пентод 6К7. Принципиальная схема усилителя с пентодом 6К3 ничем не отличается от приведённой на рис. 15 схемы для пентода 6К7.

Каждый из контуров фильтра промежуточной частоты раз навсегда настраивается на выбранную для данного приёмника промежуточную частоту. Для того, чтобы фильтр пропускал не одну промежуточную частоту, а нужную полосу частот (рис. 3 и 4), его контуры должны иметь определённую связь между собой. Обычно в фильт-

рах для радиовещательных приёмников применяют индуктивную связь между контурами, размещая катушки контуров фильтра на общем каркасе. Необходимая величина связи устанавливается подбором расстояния меж-

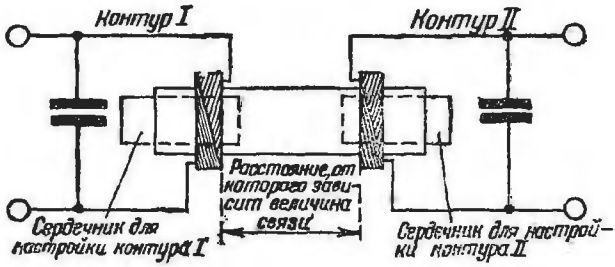
Контур I
Контур II
Расстояние, от которого зависит величина связи
Сердечник для настройки контура I
Сердечник для настройки контура II

Рис. 16. Схематическое изображение фильтра промежуточной частоты

ду катушками, а настройка каждого из контуров производится посредством перемещения внутри катушек сердечников из магнетита или карбонильного железа, изменяющих индуктивность катушек. На рис. 16 показана схема фильтра промежуточной частоты с индуктивной связью между контурами. В радиолюбительской практике применяются фабричные фильтры с уже подобранной наивыгоднейшей связью между контурами. Поэтому изменять расстояние между катушками в таких фильтрах нельзя, так как это приведёт к изменению пропускаемой фильтром полосы частот.

В усилителях промежуточной частоты, благодаря наличию в анодной и сеточной цепях лампы настроенных контуров, возможно возникновение генерации (самовозбуждения) в случае, если цепи анода и сетки лампы окажутся даже слабо связанными между собой. Самовозбуждение проявляется в виде свиста или искажений, сопровождающих принимаемую передачу.

Для предотвращения самовозбуждения монтаж усилителя промежуточной частоты выполняется так, чтобы между анодными и сеточными цепями были исключены всякие ёмкостные и индуктивные паразитные связи. Для этого фильтры промежуточной частоты заключаются в экраны; детали, входящие в анодную цепь, по возмож-

ности удаляются от деталей в цепи сетки, провода сеточной цепи делаются короткими и располагаются перпендикулярно проводам анодной цепи.

Самовозбуждение может возникать не только в случае связи между анодной и сеточной цепями одной ступени,

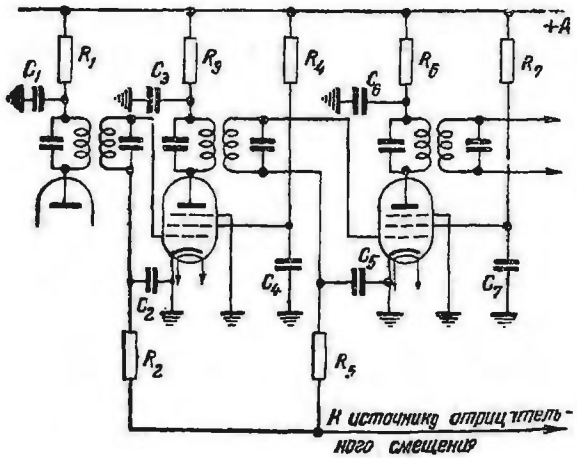

Рис. 17. Развязывающие фильтры в двухступенном усилителе промежуточной частоты R_2 C_2 — в цепи смещения на управляющую сетку первой лампы, R_3 C_3 — в анодной цепи первой лампы, R_5 C_5 и R_6 C_6 — соответственно в цепях смещения на управляющую сетку и в анодной второй лампы. Конденсаторы C_4 и C_7 шунтируют экранирующие сетки первой и второй ламп на землю

но и при связи анодной цепи одной из последующих ступеней с анодной или сеточной цепями предыдущих (например, при связи анодной цепи усилителя промежуточной частоты с анодной цепью преобразователя). Мерой борьбы с такого рода возбуждением является питание электродов ламп через развязывающие фильтры (рис. 17).

Наконец, ещё одной причиной самовозбуждения усилителя промежуточной частоты может быть слишком высокое напряжение на экранирующих сетках ламп, в результате чего усиление может оказаться ненормально высоким.

Детектор и АРЧ

Детектор выделяет колебания низкой (звуковой) частоты из колебаний промежуточной частоты, поступающих от усилителя промежуточной частоты. Обычно в супергетеродинах применяют диодное детектирование,

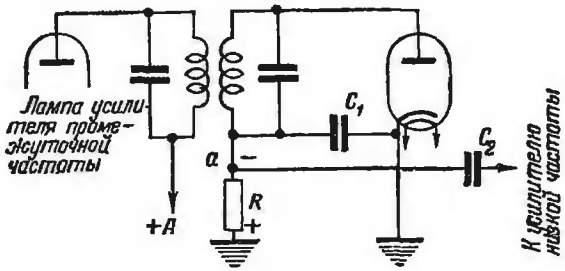

Рис. 18. Схема диодного детектора

обеспечивающее выделение колебаний низкой частоты с наименьшими искажениями.

Для нормальной работы диодного детектора нужно, чтобы подводимое к нему напряжение было достаточно большим. В супергетеродинах к детектору подводится напряжение промежуточной частоты, предварительно усиленное усилителем промежуточной частоты.

Принципиальная схема диодного детектора изображена на рис. 18, а графическое изображение процессов, происходящих при детектировании, — на рис. 19.

Поступающее от усилителя промежуточной частоты модулированное напряжение (рис. 19*а*) подводится к аноду и через конденсатор C_1 (рис. 18), обладающий для тока промежуточной частоты небольшим сопротивлением, к катоду диода. В течение той половины каждого периода, когда напряжение на аноде положительно, диод пропускает через себя ток, а вторую половину периода, при отрицательном напряжении на аноде, ток через диод не проходит. Пропускаемый диодом ток, проходя через сопротивление R (рис. 18), создаёт на нём падение напряжения и одновременно заряжает конденсатор C_1. В течение отрицательной половины периода, когда ток через

диод не проходит, конденсатор C_1 разряжается на сопротивление R, создавая в нём ток. В результате через это сопротивление R будет проходить постоянный ток, величина которого будет изменяться так, как изменяется амп-

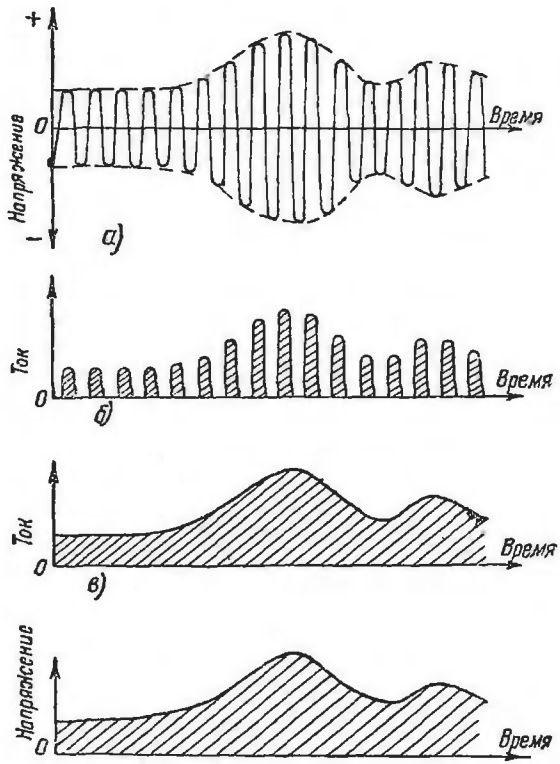

Рис. 19. Графическое изображение процессов, происходящих при детектировании

литуда напряжения промежуточной частоты, т. е. с низкой (звуковой) частотой (рис. 19*в*). Этот ток будет создавать на сопротивлении R падение напряжения, также изменяющееся со звуковой частотой (рис. 19*г*). Выделенное на сопротивлении R напряжение низкой частоты подводится ко входу усилителя низкой частоты.

Помимо своего прямого назначения — детектирования преобразованных в промежуточную частоту принимаемых сигналов, детектор используется ещё для автоматической регулировки чувствительности приёмника (АРЧ).

Чувствительностью приёмника определяется его способность принимать с нормальной для данного приёмника громкостью сигналы той или другой силы. Высокочувствительный приёмник позволяет принимать слабые сигналы отдалённых или маломощных станций. На приёмник с низкой чувствительностью можно принимать только сильные сигналы мощных или близких станций.

В высокочувствительных супергетеродинах нужная для детектирования величина напряжения промежуточной частоты должна получаться при приёме слабых сигналов. Для этого усилитель промежуточной частоты должен давать большое усиление. При этом преобразованные в промежуточную частоту сильные сигналы близких или мощных станций будут усиливаться настолько, что напряжение, подводимое к детектору, окажется чрезмерно большим, отчего возникнут сильные искажения.

Для того, чтобы радиоприёмник мог принимать как слабые, так и сильные сигналы, необходимо иметь возможность в соответствии с силой принимаемых сигналов изменять его чувствительность.

39 Регулировку чувствительности производят посредством изменения величины усиления ламп усилителя промежуточной и высокой (там, где он есть) частоты приёмника. Усиление зависит от крутизны характеристики лампы, а крутизна характеристики — от величины отрицательного смещения на управляющей сетке лампы. Таким образом, изменяя величину смещения на управляющих сетках ламп, можно изменять чувствительность приёмника (рис. 20). В усилителях промежуточной и высокой частоты современных приёмников применяются лампы, у которых крутизна характеристики изменяется в сравнительно больших пределах (рис. 21). Такие лампы позволяют в широких пределах изменять чувствительность приёмника.

При радиоприёме сила сигналов радиостанции, поступающих на вход радиоприёмника, из-за изменения условий распространения радиоволн может изменяться. Эти изменения (замирания) особенно заметны на коротких волнах. Успевать за быстрыми изменениями силы сигналов, регулируя чувствительность приёмника вручную, не-

возможно. Поэтому в современных приёмниках применяется автоматическая регулировка чувствительности или, как её сокращённо называют, АРЧ.

Автоматическая регулировка чувствительности осуществляется следующим образом. Если между анодом и ка-

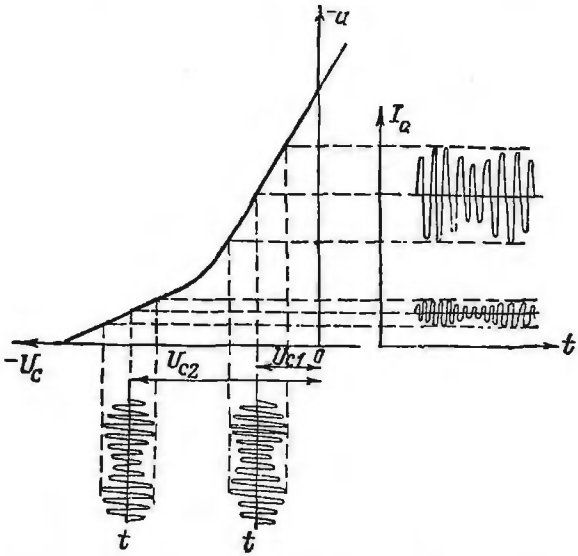

Рис. 20. При работе на более крутом участке характеристики, что соответствует меньшему отрицательному смещению U_{c1}, лампа будет давать большее усиление, чем при работе на менее крутом участке, при большем отрицательном смещении U_{c2}

тодом диода подключено детектируемое напряжение, то конец сопротивления, соединённый с катодом диода (точка *а* на рис. 18), всегда будет находиться под отрицательным напряжением, изменяющимся со звуковой частотой (рис. 19*г*). Величина этого напряжения пропорциональна силе принимаемого сигнала: при сильном сигнале она больше, а при слабом — меньше. Если это напряжение пропустить через фильтр, состоящий из большого сопротивления и ёмкости, то он сгладит колебания звуковой частоты и на выходе фильтра будет получено

отрицательное напряжение, пропорциональное силе принимаемого сигнала. Это напряжение используется как смещающее на сетки ламп усилителей промежуточной и высокой частоты, а также преобразовательной (рис. 22).

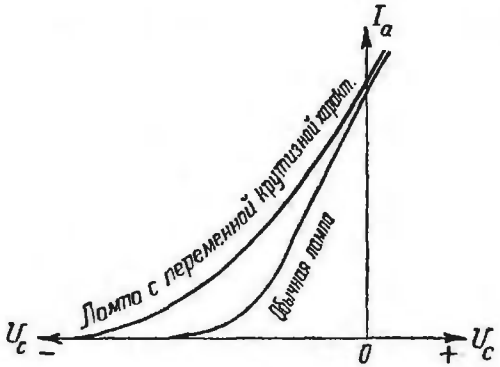

Рис. 21. Характеристики обычной лампы и лампы с удлинённой характеристикой

Таким образом, напряжение смещения на сетках этих ламп, а следовательно, и чувствительность приёмника, управляются самими принимаемыми сигналами. При слабых сигналах падение напряжения на сопротивлении в катоде диода невелико и на сетки ламп поступает небольшое отрицательное смещение, следовательно, чувствительность приёмника остаётся высокой. При сильных сигналах чувствительность приёмника за счёт увеличивающегося отрицательного смещения соответственно понижается.

Особенность изображённой на рис. 22 схемы АРЧ состоит в том, что при ней чувствительность приёмника снижается не только при приёме сильных, но и при приёме слабых сигналов. Это является недостатком схемы, так как даже небольшое снижение чувствительности при приёме слабых сигналов является нежелательным. Поэтому обычно применяют схему, изображённую на рис. 23, называемую схемой «задержанной» АРЧ. При ней чувствительность приёмника снижается только тогда, когда принимаемый сигнал превышает уровень, при котором возможен приём без искажений.

В этой схеме для осуществления АРЧ используется отдельный диод. На анод этого диода через сопротивление

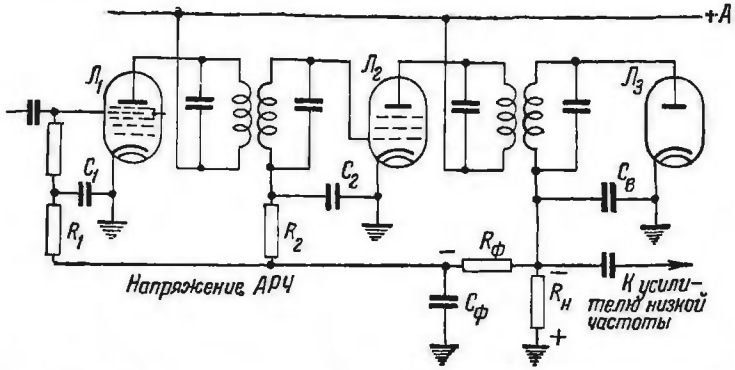

Рис. 22. Схема автоматической регулировки чувствительности. На сопротивлении $R_н$ получается постоянное напряжение, изменяющее свою величину с низкой частотой, $R_ф$ и $C_ф$ — фильтр, сглаживающий колебания звуковой частоты. Напряжение, изменяющее чувствительность приёмника, подаётся на сетки ламп через фильтры R_1 C_1 и R_2 C_2

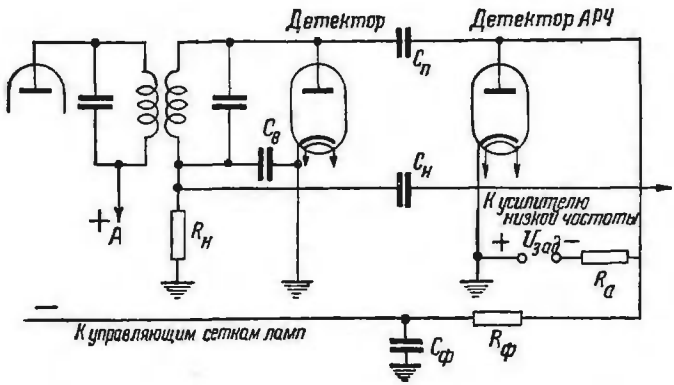

Рис. 23. Схема задержанной АРЧ

$R_а$ подаётся небольшое отрицательное напряжение, называемое напряжением задержки $U_{зад}$. Это же напряжение через сопротивление фильтра $R_ф$ подводится к

управляющим сеткам регулируемых ламп (ламп, усиление которых нужно регулировать). Таким образом, на сетки регулируемых ламп подаётся исходное смещающее

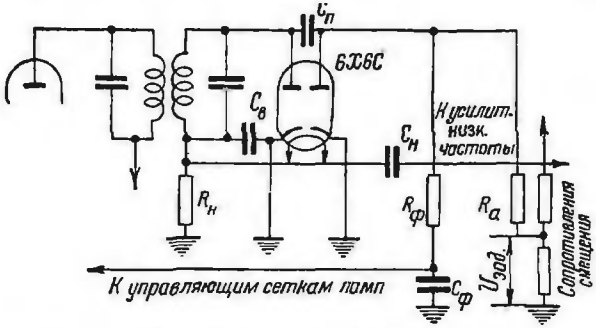

Рис. 24. Схема задержанной АРЧ с двойным диодом 6Х6С

напряжение, равное напряжению на аноде диода. Помимо напряжения задержки, к аноду диода через конденсатор $C_п$ подводится ещё напряжение промежуточной частоты. При слабых сигналах, когда напряжение промежуточной частоты не превышает напряжения задержки, ток через диод не проходит. Когда же сигналы будут настолько сильны, что напряжение промежуточной частоты окажется выше, чем напряжение задержки, через диод будет проходить ток. Этот ток создаст падение напряжения на сопротивлении $R_а$, благодаря чему смещение на управляющих сетках регулируемых ламп увеличится и чувствительность приёмника понизится. Второй диод (левый на рис. 23) работает как обычный детектор.

На рис. 24 изображена схема диодного детектора с задержанной АРЧ, применяемая в большинстве радиовещательных приёмников. В этой схеме применён двойной диод 6Х6С, причём левый диод этой лампы используется как детектор, выделяющий колебания звуковой частоты, а правый как диод АРЧ. Напряжение задержки на анод этого диода подаётся с сопротивления смещения в общей анодной цепи приёмника. Работа схемы аналогична описанной выше.

В очень многих радиовещательных приёмниках для детектирования и АРЧ используется диодная часть лам-

пы 6Г2. Триодная часть этой лампы используется для усиления низкой частоты. Схема детектора и АРЧ с лампой 6Г2 приведена на рис. 25. Она ничем не отличается от схемы с лампой 6Х6С.

Как упоминалось ранее, триодная часть лампы 6Г2 используется для усиления низкой частоты. Напряжение

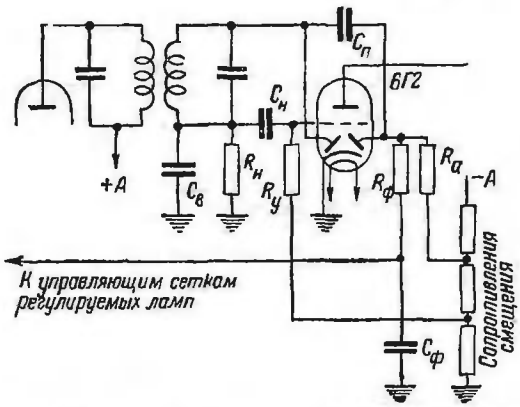

Рис. 25. Схема детектора и АРЧ с лампой 6Г2

низкой частоты поступает на управляющую сетку триодной части с сопротивления $R_н$ через конденсатор $C_н$. Через сопротивление $R_у$ на сетку подаётся отрицательное смещение, снимаемое с сопротивлений смещения в общей анодной цепи приёмника.

Усилитель низкой частоты

Мощность полученных в результате детектирования колебаний низкой частоты недостаточна для приведения в действие громкоговорителя. Поэтому для осуществления громкоговорящего приёма колебания низкой частоты усиливают.

Обычно в супергетеродинах применяются двуступенные усилители низкой частоты. В первой ступени усилителя чаще всего используется триодная часть лампы 6Г2, а во второй (выходной) — лампы 6Ф6, 6П6С и 6П3С. Иногда выходная ступень для получения большей мощности выполняется по двухтактной схеме.

На рис. 26 изображена схема усилителя низкой частоты, в первой ступени которой использована триодная часть лампы 6Г2, а в выходной — пентод 6П6С.

Диодная часть лампы 6Г2 используется для детектирования и АРЧ. Выделенное в результате детектирования

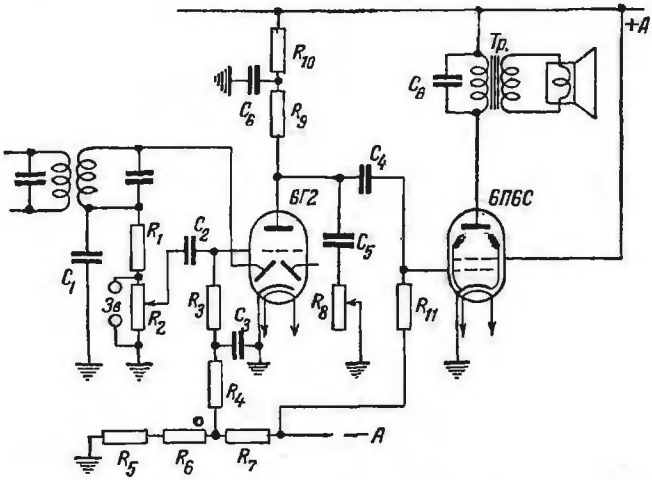

Рис. 26. Схема усилителя низкой частоты с лампами 6Г2 и 6П6С

напряжение низкой частоты через конденсатор C_2 подводится к управляющей сетке лампы 6Г2. Величину этого напряжения можно изменять при помощи потенциометра, осуществляя, таким образом, регулировку громкости. В анодную цепь лампы 6Г2 включены сопротивления R_9 и R_{10}. Сопротивление R_9 представляет собой сопротивление анодной нагрузки лампы, а сопротивление R_{10} вместе с конденсатором C_6 — развязывающий фильтр, через который питается анодная цепь лампы.

Усиленное триодной частью лампы 6Г2 низкочастотное напряжение через конденсатор C_4 подводится к управляющей сетке лампы 6П6С. Нагрузкой для этой лампы является динамический громкоговоритель, включённый в анодную цепь лампы, через выходной трансформатор *Тр.*

В анодную цепь лампы 6Г2, кроме сопротивлений анодной нагрузки и развязывающего фильтра, включён также

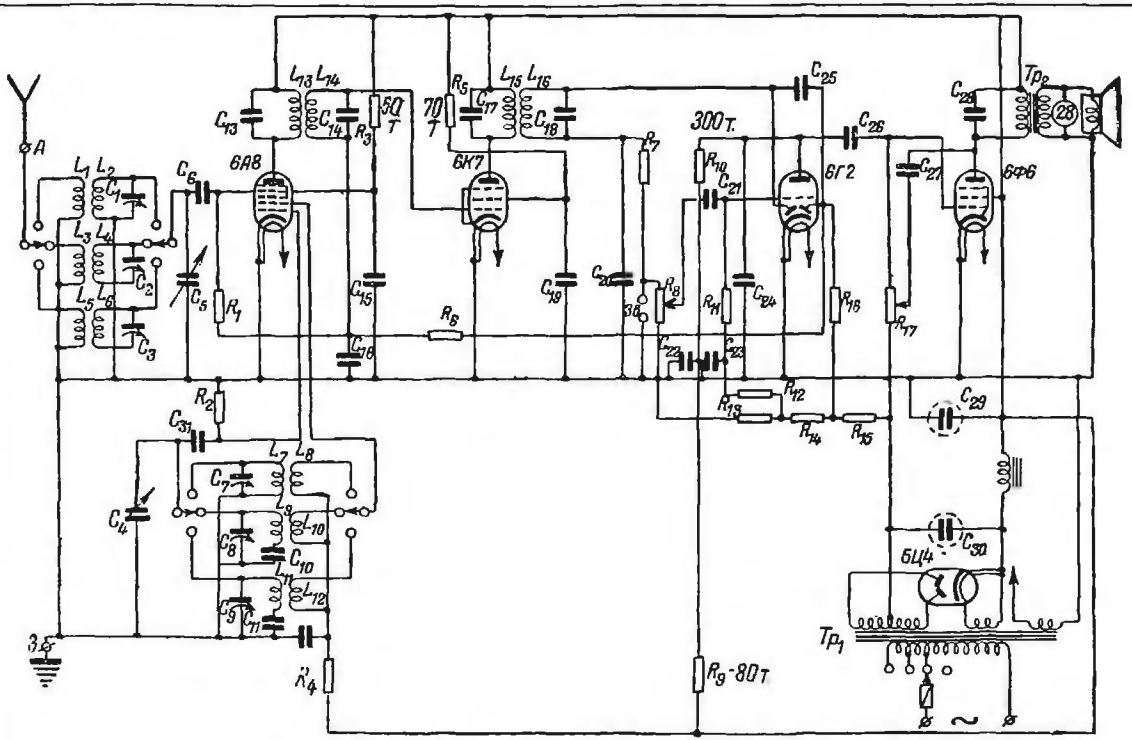

Рис. 27. Схема супергетеродинного приёмника

регулятор тембра (так называемый тонконтроль), состоящий из конденсатора C_5 и переменного сопротивления R_8. При уменьшении величины сопротивления R_8, величина сопротивления цепи R_8—C_5 для высших звуковых частот также будет уменьшаться. Таким образом, вход лампы 6П6С окажется для высших звуковых частот зашунтированным, благодаря чему они, по сравнению с низкими звуковыми частотами, будут усиливаться хуже и, следовательно, воспроизведутся с меньшей громкостью. Изменяя величину сопротивления R_8, можно регулировать тембр звучания передачи.

Помимо усиления колебаний низкой частоты, выделенных детектором, усилители низкой частоты в приёмниках используются ещё для усиления напряжения, получаемого со звукоснимателя, при проигрывании граммофонных пластинок. Это напряжение подводится к управляющей сетке лампы первой ступени усилителя и усиливается так же, как низкочастотное напряжение, полученное в результате детектирования.

В приведённой на рис. 26 схеме напряжение со звукоснимателя подводится к концам потенциометра R_2. Благодаря этому громкость звука при проигрывании пластинок можно изменять с помощью потенциометра R_2 так же, как и при радиоприёме.

Полная схема супергетеродина

Пример полной схемы супергетеродинного приёмника приведён на рис. 27.

В этом приёмнике имеется пять ламп: в преобразовательной ступени — лампа 6А8, в усилителе промежуточной частоты — лампа 6К7, на месте детектора и в первой ступени усилителя низкой частоты — лампа 6Г2 и в выходной ступени лампа 6Ф6. В выпрямителе применена лампа 5Ц4С. Приёмник имеет три поддиапазона: коротковолновый от 16 до 50 *м* (18,75 — 6 *мгц*), средневолновый от 200 до 560 *м* (1,5—0,545 *мгц*) и длинноволновый от 700 до 2000 *м* (430—150 *кгц*). Промежуточная частота приёмника равна 460 *кгц*. По схемам, подобным приведённой на рис. 27, собирается не только большинство радиолюбительских приёмников, но и значительная часть фабричных.

НАЛАЖИВАНИЕ СУПЕРГЕТЕРОДИНА

Измерительные приборы для налаживания приёмника

Налаживание супергетеродина в основном сводится к установлению правильного режима работы ламп, настройке контуров на нужные частоты и к подбору величин некоторых деталей для получения высокого качества воспроизведения звука и устойчивой работы приёмника.

Режим работы ламп определяется напряжениями на их электродах. Для измерения этих напряжений используются вольтметры постоянного тока, с возможно большим внутренним сопротивлением (высокоомные). Если сопротивление вольтметра недостаточно велико, то он при измерении напряжений на участках с большим сопротивлением даёт неверные (заниженные) показания. При налаживании приёмников обычно употребляются либо магнитоэлектрические вольтметры с внутренним сопротивлением порядка 5 тысяч и более ом на вольт, либо ламповые, обладающие ещё большим сопротивлением. Пользоваться вольтметрами с сопротивлением менее 1 тысячи ом на вольт не рекомендуется, так как показания их во многих случаях будут неверными. Применяемые при налаживании приёмников вольтметры должны иметь несколько шкал для низких и высоких напряжений. Удобными являются вольтметры с четырьмя шкалами: 5, 50, 300 и 500 *в*.

Высокоомный вольтметр можно изготовить самостоятельно, использовав для этой цели микроамперметр со шкалой до 50—100 *мка* или, в крайнем случае, миллиамперметр со шкалой до 1 *ма*. Менее чувствительные приборы рациональнее использовать в схеме лампового вольтметра, самостоятельное изготовление которого также не представляет особой сложности.

При налаживании приёмника, помимо постоянных напряжений, нужно ещё иметь возможность измерять переменные напряжения как низкой (50 *гц*), так и звуковых (до 5—6 тыс. *гц*) частот. Для этих измерений легко можно приспособить тот же вольтметр, которым измеряются постоянные напряжения, подсоединив к нему ламповый или купроксный выпрямитель. Нужные указания по этому поводу читатель найдёт в радиолюбительской литературе.

Следующим, нужным при налаживании приёмника, прибором является омметр. Омметр служит для измерения величин сопротивлений. Наиболее подходящими омметрами являются такие, которые позволяют измерять сопротивления от нескольких ом до 2—3 *мгом*. Помимо измерения сопротивлений, омметры употребляются для проверки деталей и монтажа. Омметр, так же как и вольтметр, может быть изготовлен самим радиолюбителем.

В последние годы среди радиолюбителей широкое распространение получили так называемые авометры, в которых один и тот же прибор при помощи переключений используется для измерения токов, напряжений и сопротивлений. Авометр является прибором, особенно удобным при налаживании приёмников.

Подгонка величин индуктивности и ёмкости контуров или, говоря другими словами, настройка контуров, является особенно ответственной операцией при налаживании супергетеродина. Для подгонки к контурам нужно подводить напряжения тех частот, на которые эти контуры должны быть настроены. Эти напряжения получаются при помощи специального прибора, называемого сигнал-генератором или генератором сигналов.

Генератор сигналов является одним из приборов, наличие которого при налаживании супергетеродина, следует считать совершенно необходимым, особенно для начинающих радиолюбителей. Поэтому ниже приводится краткое описание генератора сигналов, изготовление которого доступно любому радиолюбителю.

Схема генератора изображена на рис. 28 [1]). В ней имеется одна лампа 6А8, генерирующая модулированные колебания, частота которых определяется данными кон-

[1]) Схема и данные с небольшими изменениями заимствованы из книги З. Б. Гинзбурга «Как находить и устранять повреждения в радиоприёмниках». Госэнергоиздат, 1949.

тура, состоящего из конденсатора переменной ёмкости C_1 и сменных катушек индуктивности L.

Число катушек L зависит от диапазона частот, которые должен генерировать генератор и от ёмкости переменного конденсатора C_1. Для перекрытия диапазона от

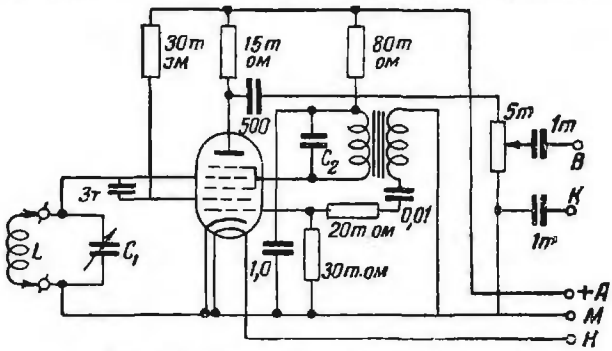

Рис. 28. Схема генератора сигналов

150 *кгц* до 20 *мгц* при конденсаторе C_1 с максимальной ёмкостью порядка 200 — 250 *мкмкф* потребуется шесть катушек, ориентировочные данные которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ориентировочные данные катушек сигнал-генератора

№ катушки	Диапазон частот, перекрываемый с катушкой, *кгц*	Число витков	Марка и диаметр провода	Намотка
1	145—375	5×150=750	ПЭШО или ПШД 0,2	Многослойная внавал
2	330—860	5×100=500	ПЭШО или ПШД 0,2	То же
3	500—1250	3× 80=240	ПЭШО или ПШД 0,2	» »
4	1200 - 3500	65	ПЭШО или ПШД 0,25	Однослойная
5	2700—8000	35	ПЭШО или ПШД 0,3	То же
6	6300—20 000	4	ПЭ 0,6	» »

Катушки наматываются на цилиндрические каркасы диаметром 13 *мм*, склеенные из пресшпана. Катушки № 1, 2 и 3 наматываются в виде многослойных секций между пресшпановыми перегородками, насаженными на каркас (рис. 29). Намотка производится внавал, причём все секции наматывают в одну сторону и соединяют между собой последовательно. Намотанные катушки укрепляются на цоколях от негодных стеклянных ламп. Концы катушек припаиваются к ножкам цоколя. Для включения катушек в генератор используется ламповая панель.

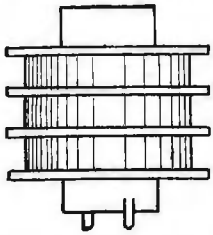

Рис. 29. Конструкция секционированной катушки

Настройка генератора на нужную частоту производится при помощи конденсатора C_1. На шкалу этого конденсатора наносятся деления в градусах или она разбивается на 100 равных делений.

Трансформатор *ТР* имеет сердечник Ш-11 с толщиной набора 10 *мм*. Отношение витков обмоток 1 : 3 или 1 : 4. Первичная обмотка трансформатора имеет 300 витков, вторичная 900—1200 витков. Обмотки выполнены проводом ПЭ 0,12—0,15.

Вторичная обмотка трансформатора вместе с конденсатором C_2 представляет контур, определяющий собой частоту, которой будут модулированы высокочастотные колебания. Эта частота устанавливается равной примерно 400—1000 *гц* посредством подбора ёмкости конденсатора C_2 опытным путём.

Уровень высокочастотного модулированного напряжения, получающегося на выходных зажимах генератора, регулируется при помощи потенциометра.

Генератор питается от силовой части настраиваемого приёмника. На концах проводов, при помощи которых к генератору подводится питание, делаются колечки по диаметру ножек лампы. Эти колечки надеваются на ножки выходной лампы налаживаемого приёмника: $+A$ — на ножку экранирующей сетки, H — на незаземлённую ножку накала и M — на заземлённую ножку накала, или присоединяется к корпусу приёмника.

Если монтаж генератора сделан правильно и величины деталей соответствуют указанным на схеме, никакого

специального налаживания его не требуется. Градуировку генератора с достаточной для любительских целей точностью можно произвести при помощи приёмника с диапазоном от 150 до 20 000 *кгц*, имеющего шкалу, градуированную в частотах.

Для каждой из катушек генератора составляется график, показывающий, на какой угол нужно повернуть ось конденсатора C_1 для настройки генератора на ту или иную частоту (рис. 30). Для составления такого графика по шкале приёмника определяются генерируемые частоты при нескольких углах поворота оси конденсатора C_1 посредством настройки приёмника на эти частоты. В момент настройки в громкоговорителе слышен тон звуковой частоты, которой модулированы генерируемые высокочастотные колебания.

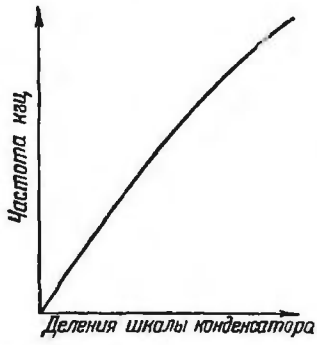

Рис. 30. График градуировки

Связь приёмника с генератором должна быть такой, чтобы при установке регулятора громкости на максимум тон в громкоговорителе был едва слышен. Для связи к выходному зажиму генератора возможно потребуется присоединить небольшую антенну в виде куска провода длиной 50 — 60 *см*.

При градуировке генератора на коротковолновом поддиапазоне из-за плохого ослабления на нём зеркального сигнала, тон в громкоговорителе при неизменной настройке приёмника будет слышен при двух положениях оси конденсатора C_1. В этом случае нужно помнить, что сигнал, генерируемый с частотой, на которую настроен приёмник, получается при установке оси на угол, соответствующий большей ёмкости конденсатора C_1.

Последовательность работы при налаживании

Налаживание приёмника ведётся в определённой последовательности. Несоблюдение этой последовательности приводит к излишней затрате времени, труда и, что самое главное, получению неполноценных результатов, т. е.

приёмник работает хуже, чем он мог бы работать, будучи правильно налаженным.

Работу по налаживанию можно значительно облегчить, если все детали, из которых собирается приёмник, проверить ещё до сборки. В этом случае налаживание вновь собранного приёмника начинают с проверки правильности монтажа. Убедившись, что монтаж сделан правильно, приступают к проверке силовой части и установлению режима работы ламп. Затем переходят к налаживанию отдельных ступеней и участков схемы приёмника, придерживаясь при этом следующей последовательности: усилитель низкой частоты, детектор, усилитель промежуточной частоты, преобразователь, гетеродин и, наконец, входная цепь.

При такой последовательности все ступени между налаживаемой ступенью и громкоговорителем будут находиться в уже налаженном состоянии. О работе налаживаемой ступени можно судить по звуку в громкоговорителе при подведении ко входу налаживаемой ступени напряжения, которое она должна усиливать или преобразовывать.

Проверка монтажа. Проверка монтажа производится его внешним осмотром и при помощи омметра.

При проверке омметром величины сопротивлений различных цепей, измеренные при помощи омметра, сверяются с величинами сопротивлений этих цепей, указанными на схеме. Так, например, при проверке анодной цепи лампы 6Г2 (рис. 27) омметр, присоединённый между анодной ножкой лампы и положительным выводом конденсатора C_{29}, должен показать сопротивление 380 тыс. *ом*, так как эта цепь состоит из сопротивлений R_9 и R_{10} величиной соответственно 80 тыс. *ом* и 300 тыс. *ом* и соединительных проводов, сопротивление которых ничтожно мало.

В случае, если в этой цепи обрыв, короткое замыкание или величины установленных сопротивлений не соответствуют указанным на схеме, омметр соответственно покажет: бесконечно большое сопротивление, сопротивление, равное нулю, сопротивление, равное фактической величине установленных сопротивлений.

Для отыскания причины отклонения измеренной величины сопротивления цепи от указанной на схеме поочерёдно проверяют более мелкие участки цепи.

Проверку монтажа нужно вести систематически, цепь за цепью. Можно, например, принять такую систему. Подсоединив один из концов омметра к положительному выводу конденсатора C_{29} (рис. 27), поочерёдно присоединять второй конец омметра сначала к анодным ножкам ламп, а затем к ножкам экранирующих сеток. В результате окажутся проверенными анодные цепи и цепи экранирующих сеток каждой из ламп приёмника. Затем нужно проверить, не замыкается ли какая-нибудь из этих цепей на корпус. Для этого один из концов омметра присоединяется к корпусу, а второй — поочерёдно к анодным, а затем — экранирующим ножкам ламп. При этом в случае отсутствия замыкания омметр покажет бесконечно большое сопротивление, а при замыкании — величину того сопротивления, через которое цепь оказывается замкнутой на корпус. Если, например, при пробое конденсатора C_{19} присоединить омметр между экранирующей сеткой лампы 6К7 и корпусом, то омметр покажет нуль. Величина сопротивления, которую покажет в этом случае омметр, при присоединении между корпусом и экранирующей сеткой лампы 6А8, будет равна 120 тыс. *ом,* так как цепь экранирующей сетки этой лампы оказывается замкнутой на корпус через сопротивление R_3 величиной 50 тыс. *ом* и R_5 величиной 70 тыс. *ом.*

При известном опыте с помощью омметра можно не только устанавливать, исправна или неисправна проверяемая цепь, но и на основании показаний омметра во многих случаях сразу определять место неисправности.

Существует очень хороший способ проверки монтажа по так называемой карте сопротивлений. При этом способе перед проверкой заранее составляется специальная карта, в которой указываются величины сопротивлений, которые должен показать омметр, будучи присоединённым между корпусом приёмника и гнёздами ламповых панелей. Ниже в табл. 2 приведён образец такой карты для части схемы приёмника, изображённой на рис. 31 [1]).

Неисправности деталей и ошибки в монтаже, выявленные при проверке, нужно сразу же устранить, после чего можно включать приёмник в сеть и переходить к проверке силовой части и установлению режима работы ламп.

---

[1]) Подробно познакомиться с тем, как составляется карта сопротивлений, можно по книге Е. А. Левитина „Налаживание приёмников". Госэнергоиздат, 1949.

Проверка силовой части и установление режима работы ламп. Перед включением приёмника в сеть проверяют соответствие включения концов сетевой обмотки силового трансформатора напряжению сети и исправность сетевого предохранителя.

Затем в приёмник вставляют лампы. Лампы лучше всего предварительно проверить, вставив их для этого в какой-нибудь действующий приёмник.

Включив приёмник в сеть, приступают к проверке выпрямителя. Проверку производят при помощи вольтмет-

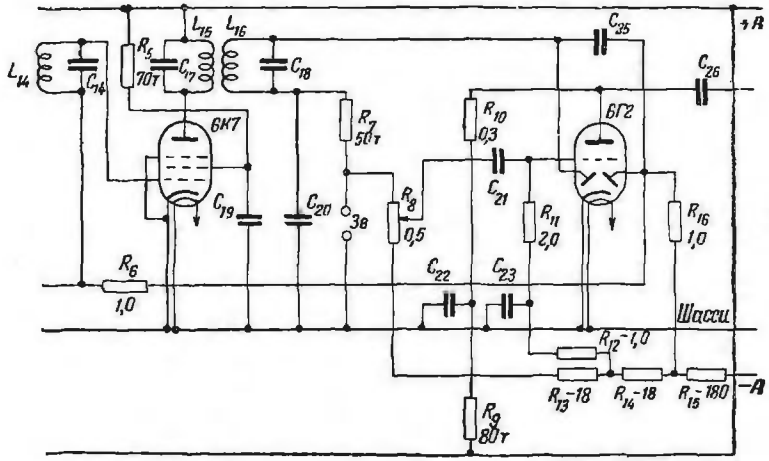

Рис. 31. Часть схемы приёмника (для составления карты сопротивлений)

ра постоянного тока со шкалой до 300 или 500 *в*, измеряя им напряжение между корпусом и вторым конденсатором фильтра (C_{29} на рис. 27). При исправных деталях и правильном монтаже вольтметр должен показать нормальную (порядка 250 — 300 *в*) величину выпрямленного напряжения. При неисправностях в выпрямителе или в цепи выпрямленного напряжения вольтметр покажет ненормально малую величину этого напряжения или полное отсутствие его.

Причиной ненормально малой величины выпрямленного напряжения является чаще всего пробой блокировоч-

Таблица 2

Карта сопротивлений для схемы рис. 31

Электрод лампы	№ ножки ламповой панели	Сопротивление по отношению к	Показания омметра
		Лампа 6К7	
Нить накала	2	корпусу	0
То же	7	то же	Соответствует сопротивлению обмотки накала
Катод	8	»	0
Экранирующая сетка	4	»	∞
Анод	3	»	∞
Управляющая сетка	колпачок	»	2 *мгом*
Анод	3	экранирующей сетке	70 тыс. *ом*
		Лампа 6Г2	
Нить накала	2	корпусу	0
То же	7	то же	Сопротивление обмотки накала
Диод $Д_1$	4	»	550 тыс. *ом*
Диод $Д_2$	5	»	1 *мгом*
Катод	8	»	0
Анод	3	»	∞
Управляющая сетка	колпачок	»	от 0 до 500 тыс. *ом*
Анод	3	аноду 6К7	380 тыс. *ом*

ных конденсаторов в цепях анода или экранирующих сеток ламп или слишком большой ток утечки в конденсаторах фильтра. Полное отсутствие выпрямленного напряжения обычно получается при замыкании его накоротко вследствие пробоя конденсаторов фильтра или соединения плюсового провода с корпусом. В последнем случае наблюдается сильный нагрев анодов выпрямительной лампы. Если такое явление будет обнаружено, приёмник во избежание порчи силового трансформатора и выпрямительной лампы нужно немедленно отключить от сети и не включать до тех пор, пока неисправность не будет устранена.

Для установления места повреждения между катодом выпрямительной лампы и корпусом приёмника присоединяют омметр. Затем, поочерёдно отсоединяя плюсовые цепи приёмника и конденсаторы фильтра, находят место короткого замыкания.

В случае пониженного анодного напряжения, но при отсутствии перегрева анодов выпрямительной лампы, рекомендуется отсоединить плюсовой провод приёмника от выпрямителя. Если при этом напряжение на втором конденсаторе фильтра станет нормальным, повреждение следует искать в приёмной части.

Отыскание повреждения в приёмной части производится посредством проверки анодной цепи при помощи омметра. В случае необходимости цепь разделяется на участки, которые проверяются отдельно. По устранении повреждения убеждаются в исправности цепи посредством измерения величины её сопротивления омметром.

Если отсоединение плюсового провода от выпрямителя не привело к повышению напряжения до нормальной величины, наиболее вероятной причиной повреждения является слишком большой ток утечки в конденсаторах фильтра. Эта неисправность легко обнаруживается посредством отсоединения конденсаторов, а также по их сильному нагреву.

Причиной пониженного напряжения может быть также обрыв в цепи первого (со стороны выпрямительной лампы) конденсатора фильтра или недостаточная его ёмкость. Поэтому при отсоединении этого конденсатора рекомендуется заменять его другим, заведомо исправным.

Если проверкой будет установлено, что конденсаторы фильтра исправны, выпрямленное напряжение может

отсутствовать из-за плохого контакта в цепи накала выпрямительной лампы. Ненормально малая величина выпрямленного напряжения при исправных конденсаторах фильтра может быть из-за наличия короткозамкнутых витков в обмотках силового трансформатора. При этом будут наблюдаться заметное гудение и быстрый нагрев силового трансформатора при отключённой от выпрямителя нагрузке.

Разумеется, что ненормальная работа выпрямителя может быть вызвана и другими, не указанными здесь, причинами, однако, эти причины оказываются обычно выявленными ещё до включения приёмника в сеть, при проверке монтажа.

При проверке силовой части, помимо величины выпрямленного напряжения, следует проверить ещё величину напряжения накала ламп. В случае отсутствия вольтметра переменного тока такая проверка может быть ориентировочно произведена с помощью лампочки освещения шкалы, напряжение накала которой равно 6,3 *в*. При нормальной величине напряжения накала лампочка должна ярко светиться.

Убедившись в нормальной работе силовой части, переходят к установлению режима работы ламп.

Режим работы ламп определяется напряжениями на их электродах. Для того, чтобы лампа обладала наилучшими рабочими свойствами, её нужно поставить в соответствующий режим, т. е. подвести к её электродам определённые напряжения. Нужные величины напряжений устанавливаются включением сопротивлений соответствующей величины в цепи электродов лампы. Такими сопротивлениями являются, например, сопротивления R_3 и R_5 (рис. 27), при помощи которых устанавливаются напряжения на экранирующих сетках ламп 6А8 и 6К7.

Данные режима ламп приёмника, схема которого приведена на рис. 27, приведены в табл. 3.

Если режим, в котором должны работать лампы, в описании не приведён, установить его можно, пользуясь данными о типовом режиме, приводимыми в справочниках по лампам. Типовые режимы для некоторых ламп приведены в табл. 4. Режим, в котором фактически должны работать лампы в том или ином приёмнике, может несколько отличаться от типового, поэтому данными табл. 4 следует пользоваться, главным образом, для ориентировки.

Таблица 3

Режим ламп в приёмнике (рис. 27)

Тип лампы	Напряжение (*в*) на				
	аноде	экранирующей сетке	управляющей сетке	аноде гетеродина	диоде АРЧ
6А8	240	100	—3	160	—
6К7	240	80	—3	—	—
6Г2	120	—	—1,5	—	—3
6Ф6	240	240	—16	—	—

Таблица 4

Типовые режимы некоторых ламп

Тип лампы	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *ма*	Напряжение (*в*) на			Ток, *ма*		
			аноде	экранирующей сетке	управляющей сетке	анода гетеродина	анода	экранирующей сетки
6А8	6,3	0,3	250	100	—3,0	170	3,5	2,7
6А10С	6,3	0,3	250	100	—3,0	—	3,4	8,0
6К7	6,3	0,3	250	125	—3,0	—	10,4	2,5
6КЗ	6,3	0,3	250	125	—3,0	—	10,5	2,6
6Г2	6,3	0,3	250	—	—3,0	—	1,1	—
6Ж7	6,3	0,3	250	100	—3,0	—	2,0	0,5
6С2С	6,3	0,3	250	—	—8,0	—	8,0	—
6Ф6	6,3	0,7	250	250	—16,5	—	34,0	7,0
6П6С	6,3	0,45	250	250	—12,5	—	45,0	5,0
6ПЗС	6,3	0,9	250	250	—14,0	—	72,0	5,0

При установлении режима ламп необходимо измерять напряжения на их электродах. Напряжения на электродах ламп измеряются по отношению к их катодам, следовательно, вольтметр для этого должен подсоединяться между электродом, на котором нужно измерить напряжение, и катодом лампы. При этом через сопротивления, включённые в цепь электрода, помимо тока электрода, будет проходить ещё и ток, потребляемый вольтметром. В результате падение напряжения на этих сопротивлениях возрастёт, а напряжение на электроде понизится. Это пониженное напряжение и покажет вольтметр (рис. 32).

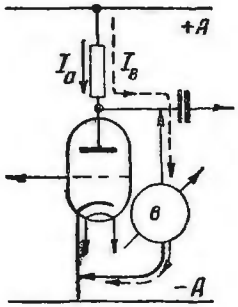

Рис. 32. Ток через вольтметр проходит также через сопротивление анодной нагрузки лампы и создаёт на этом сопротивлении дополнительное падение напряжения

Для того, чтобы показываемое вольтметром напряжение не отличалось от действительно существующего на электроде, нужно чтобы вольтметр совсем не потреблял на себя тока или, говоря другими словами, обладал бесконечно большим внутренним сопротивлением. Практически достаточно точные результаты получаются при использовании вольтметров, внутреннее сопротивление которых в 10 и более раз превышает величину сопротивления, через которое при измерениях проходит потребляемый вольтметром ток. Так, например, для измерения напряжения на аноде лампы 6Г2 (рис. 27) нужен вольтметр с внутренним сопротивлением порядка 3,8—4 *мгом* потому, что потребляемый им ток проходит через сопротивления R_9 и R_{10}, общая величина которых составляет 380 тыс. *ом*. Так как этот вольтметр должен быть со шкалой до 300 *в*, на каждый вольт шкалы должно приходиться $\frac{4\,000\,000}{300} \approx 13{,}3$ тыс. *ом*.

Ещё большее внутреннее сопротивление должно быть у вольтметров, которыми измеряется напряжение смещения непосредственно на управляющих сетках ламп или напряжение задержки на диоде АРЧ, так как эти напряжения подводятся через сопротивления очень большой величины. Так, для измерения напряжения сме-

жения на управляющей сетке лампы 6Г2 (рис. 27) нужен вольтметр со шкалой на 3 *в* и внутренним сопротивлением 30 *мгом*, что составляет 10 *мгом* на вольт. Таким внутренним сопротивлением обладают только ламповые и статические вольтметры.

Измерять эти напряжения даже очень хорошим магнитоэлектрическим вольтметром нельзя. Так, например, магнитоэлектрический вольтметр со шкалой на 3 *в* и внутренним сопротивлением 100 тыс. *ом* на вольт, будучи подсоединённым между сеткой и катодом лампы 6Г2, вместо фактической величины отрицательного смещения — 1,5 *в* покажет −0,136 *в*. Поэтому при отсутствии лампового вольтметра определение величин напряжения задержки АРЧ и подающихся через большие сопротивления отрицательных напряжений на управляющие сетки производится посредством измерения этих величин на соответствующих сопротивлениях смещения. Для этого вольтметр присоединяется между корпусом и концом сопротивления, с которого снимается измеряемое напряжение смещения (рис. 33). Эти сопротивления имеют небольшую величину, поэтому напряжение на них может быть измерено даже низкоомным вольтметром (порядка 100 — 200 *ом* на вольт).

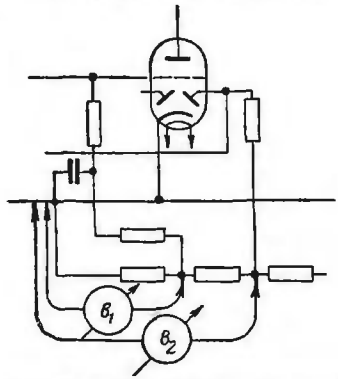

Рис. 33. Вольтметр B_1 измеряет напряжение смещения на управляющей сетке лампы 6Г2. Вольтметр B_2 измеряет напряжение задержки на аноде диода АРЧ

Во многих случаях напряжение на электроде лампы бывает удобным измерять не по отношению к её катоду, а по отношению к корпусу приёмника. При этом нужно иметь в виду, что напряжение, действительно существующее на аноде или экранирующей сетке лампы, вольтметр покажет лишь в том случае, если напряжение смещения на её управляющую сетку подаётся с сопротивлений, включённых в цепь общего анодного тока ламп (рис. 27). В случае подачи смещения с сопротивления, включённого в катод лампы (рис. 34) напряжение, которое покажет

вольтметр, будет больше действительно существующего на аноде или экранирующей сетке, на величину падения напряжения на этом сопротивлении. С этим нужно считаться при измерении напряжений на аноде или на экранирующей сетке у мощных выходных ламп, так как падение напряжения в цепи катодов этих ламп может достигать 20—30 и даже 50 *в*.

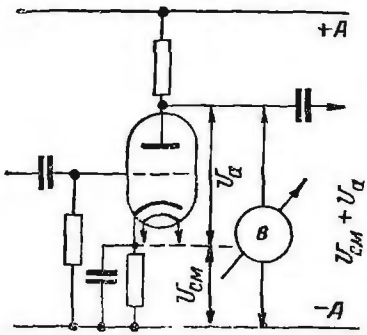

Рис. 34. Вольтметр, подсоединённый между анодом лампы и корпусом, покажет напряжение, превышающее напряжение на аноде лампы на величину напряжения смещения

При установлении режима ламп, помимо напряжений на их электродах, приходится измерять ещё напряжения на различных деталях и участках схемы. При этих измерениях вольтметр должен присоединяться к тем точкам, между которыми нужно измерить напряжение. При этом внутреннее сопротивление вольтметра должно в 10 и более раз превышать сопротивление участка, на котором измеряется напряжение.

На рис. 35 изображена схема приёмника, на которой показано, как нужно присоединять вольтметр при измерении различных напряжений.

Установление режима работы ламп начинают с проверки напряжений смещения. Как мы уже знаем, эти напряжения могут быть измерены даже низкоомным вольтметром, присоединяемым между корпусом и концом сопротивления, с которого снимается измеряемое напряжение смещения. Таким образом, для измерения величин напряжений смещения на сетки ламп 6Г2 и 6Ф6 (рис. 35), вольтметр нужно присоединять к корпусу и, соответственно, между концами сопротивлений R_{13} и R_{14} и к концу сопротивления R_{15}, соединённому с минусом высокого напряжения. Напряжение исходного смещения на сетки ламп 6А8 и 6К7 (напряжение задержки АРЧ), измеряется посредством присоединения вольтметра к корпусу и между концами сопротивлений R_{14} и R_{15}.

При отсутствии повреждений вольтметр должен показать нормальные напряжения на всех сопротивлениях.

Если напряжения выше нормальных, нужно проверить омметром исправность цепи сетки выходной лампы. Обрыв этой цепи или замыкание её на катод приводит к возрастанию анодного тока лампы и увеличению падений напряжения на сопротивлениях смещения. Кроме того, увеличение анодного тока может быть вызвано попаданием положительного напряжения на управляющую сетку выходной лампы вследствие утечки в разделительном конденсаторе между этой сеткой и анодом лампы предыдущей ступени, а также при утечке в конденсаторе отрицательной обратной связи (C_{26} и C_{27} на рис. 35). Отсоединение неисправного конденсатора приводит к восстановлению нормальных напряжений на сопротивлениях.

Наличие между концами любого из сопротивлений смещения напряжения, равного напряжению выпрямителя, указывает на обрыв этого сопротивления. При этом между концами других сопротивлений никакого напряжения нет. Отсутствие напряжения между концами любого из сопротивлений смещения указывает на замыкание минусового провода на корпус. Признаком замыкания служит также возрастание падения напряжения на дросселе фильтра.

Так как между концами сопротивлений смещения возможно наличие полного выпрямленного напряжения, измерение напряжений смещения во избежание порчи вольтметра нужно начинать, переключив его на шкалу 300 или 500 *в*.

Установив нормальные напряжения на сопротивлениях смещения, переходят к подгонке напряжений на экранирующих сетках ламп. Для этого, присоединив вольтметр между катодом и экранирующей сеткой, подбором величины включённого в цепь этой сетки сопротивления устанавливают на ней требуемое напряжение. При этом, если напряжение нужно повысить, величину сопротивления уменьшают и, наоборот, для понижения — увеличивают.

Подгонку напряжений на экранирующих сетках ламп можно производить и при помощи низкоомного вольтметра с сопротивлением порядка 200 — 300 *ом* на вольт. Для того, чтобы величина напряжения на сетке после отсоединения такого вольтметра не изменялась, вместо вольтметра к точкам, где он был присоединён, подпаивают сопротивление такой же величины, как и внутреннее сопротивление вольтметра. Так, например, если напряжение на сетке было подогнано с помощью вольтметра со шкалой

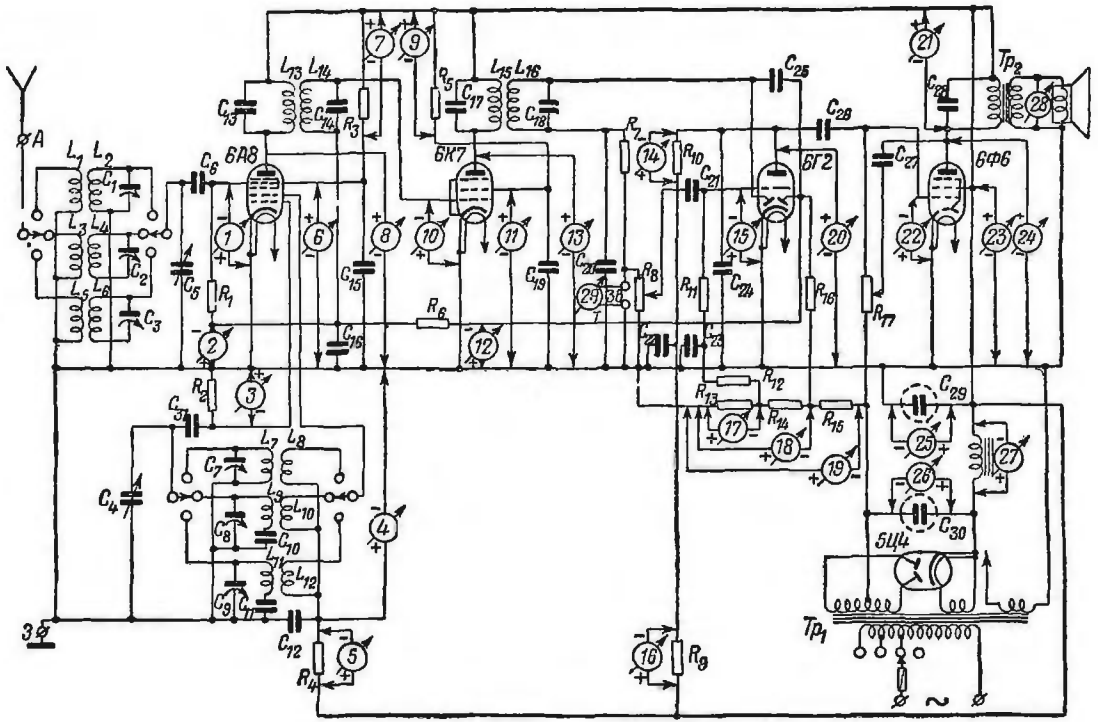
ØA
3Ø
6А8
6К7
6Г2
6Ф6
6Ц4
Тр1
Тр2
~

Рис. 35. Измерение напряжений в радиоприёмнике: *1*—напряжение на управляющей сетке 6А8 (ламповый вольтметр со шкалой на 10 *в*); *2*—напряжение АРЧ на управляющих сетках 6А8 и 6К7 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*), *3*—напряжение на управляющей сетке гетеродина (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *4*—напряжение на аноде гетеродина (вольтметр с сопротивлением 3000—5000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *5*—паденне напряжения на сопротивлении в аноде гетеродина (вольтметр с сопротивлением 3000—5000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *6*—напряжение на экранирующей сетке 6А8 (вольтметр с сопротивлением 3000—5000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *7*—напряжение на сопротивлении в цепи экранирующей сетки 6А8 (вольтметр с сопротивлением 3000—5000 *ом/в* и шкалой на 200 *в*); *8*—напряжение на аноде 6А8 (вольтметр с сопротивлением 1000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *9*—падение напряжения на сопротивлении в цепи экранирующей сетки 6К7 (вольтметр с сопротивлением 3000—5000 *ом/в* и шкалой на 200 *в*), *10*—напряжение на управляющей сетке 6К2 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *11*—напряжение на экранирующей сетке 6К7 (вольтметр с сопротивлением 3000—5000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *12*—напряжение АРЧ (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *13*—напряжение на аноде 6К7 (вольтметр с сопротивлением 1000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*), *14*—паденне напряжения на сопротивлении анодной нагрузки 6Г2 (вольтметр с сопротивлением 15 000—20 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *15*—напряжение на сетке 6Г2 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—10 *в*); *16*—падение напряжения на развязывающем сопротивлении в аноде 6Г2 (вольтметр с сопротивлением 20 000 *ом/в* и шкалой 50 *в*); *17*—напряжение смещения на сетку 6Г2 (вольтметр с сопротивленнем 100—200 *ом/в* и шкалой на 5 *в*); *18*—напряжение задержки АРЧ (ламповый вольтметр со шкалой на 5 *в*); *19*—напряжение смещения на сетку 6Ф6 (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 30—50 *в*); *20*—напряжение на аноде 6Г2 (вольтметр с сопротивленнем 15 000—20 000 *ом/в* и шкалой на 50 *в*); *21*—падение напряжения на обмотке выходного трансформатора (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 30 *в*); *22*—напряжение на управляющей сетке 6Ф6 (ламповый вольтметр со шкалой на 30 *в*); *23*—напряжение на экранирующей сетке 6Ф6 (вольтметр с сопротивлением 1000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *24*—напряжение на аноде 6Ф6 (вольтметр с сопротивлением 1000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *25* и *26*—напряжения на первом и втором конденсаторах фильтра (вольтметр с сопротивлением 1000 *ом/в* и шкалой иа 300 *в*), *27*—падение напряжения на дросселе фильтра (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 50 *в*); *28*—напряжение звуковой частоты на вторичной обмотке выходного трансформатора (купроксный или ламповый вольтметр со шкалой до 5*в*), *29*—напряжение, измеряемое при настройке контуров приёмника (ламповый вольтметр со шкалой на 3 *в* или магнито-электрнческий с сопротивлеиием не менее 10 000 *ом/в*. Последний используется только как индикатор настройки)

на 300 *в* и внутренним сопротивлением 200 *ом* на вольт, то между экранирующей сеткой и катодом нужно подпаять сопротивление $200 \times 300 = 60$ тыс. *ом*. По мощности включаемые вместо вольтметра сопротивления должны быть подобраны так, чтобы проходящий через них ток не нагревал их выше допустимой температуры. Сопротивления, включённые в цепь экранирующих сеток последовательно, должны быть при этом также взяты соответственно большей мощности.

После подгонки напряжений на экранирующих сетках ламп проверяют напряжение на аноде лампы первой ступени усилителя низкой частоты. В случае, если его величина отличается от нормальной, проверяют величины сопротивлений в анодной цепи лампы.

Подгонку напряжений на анодах остальных ламп делать не нужно, так как эти напряжения подаются прямо от выпрямителя, однако, проверить их следует, так как возможны ошибки в монтаже.

На этом работу по установлению режима ламп заканчивают.

Налаживание усилителя низкой частоты. При уже установленном режиме работы ламп налаживание усилителя низкой частоты сводится к подбору величин деталей, обеспечивающих высокое качество звучания.

Перед налаживанием нужно убедиться в том, что усилитель работает. Ориентировочно проверить работу усилителя можно, прикоснувшись пальцем к выводу управляющей сетки лампы первой ступени или к гнезду звукоснимателя (не соединённому с корпусом). Если усилитель исправен, в громкоговорителе будет слышно громкое гудение, причём во втором случае громкость должна изменяться при повороте ручки регулятора громкости.

При неисправном усилителе звука в громкоговорителе не будет. Для того, чтобы установить, какая ступень усилителя неисправна, нужно от накальной обмотки силового трансформатора через ёмкость порядка 0,1 — 0,5 *мкф* подвести к управляющей сетке лампы выходной ступени переменное напряжение. Если при этом в громкоговорителе будет слышно громкое гудение, выходная ступень исправна и повреждение нужно искать в первой ступени. Отсутствие звука в громкоговорителе указывает на неисправность выходной ступени.

Неисправности как первой, так и выходной ступени усилителя при отсутствии ошибок в монтаже могут иметь место в случае выхода из строя ламп или деталей. Установить неисправность лампы проще всего заменяя её другой, заведомо исправной. Неисправности большинства деталей могут быть обнаружены при помощи омметра. В том случае, если в деталях подозреваются неисправности, обнаружить которые имеющимися у радиолюбителя приборами невозможно (например, обрыв вывода внутри конденсатора небольшой ёмкости), эти детали следует заменять другими, заведомо исправными.

В радиолюбительских условиях налаживать усилитель низкой частоты проще всего, определяя обеспечиваемое им качество звучания на слух при проигрывании граммофонных пластинок. Громкоговоритель при этом обязательно должен находиться в ящике приёмника.

Если режим ламп установлен правильно и детали и лампы усилителя исправны, граммофонная запись должна воспроизводиться громко и без искажений. При наличии искажений нужно заменить лампы.

Причинами недостаточной громкости звучания при нормальном режиме ламп чаще всего являются обрывы выводов внутри переходных конденсаторов (C_{21} и C_{26} на рис. 35) и короткозамкнутые витки в выходном трансформаторе. В последнем случае очень плохо будут прослушиваться низкие частоты.

При исправном выходном трансформаторе обеспечение равномерного воспроизведения как низших, так и высших частот производится посредством подбора величин ёмкости переходных и шунтирующих конденсаторов. Для улучшения воспроизведения низших частот нужно увеличивать ёмкость переходных конденсаторов (C_{21} и C_{26} на рис. 35), улучшение воспроизведения высоких частот достигается уменьшением ёмкости шунтирующих конденсаторов (C_{24} и C_{23} на рис. 35).

Часто причиной плохой работы усилителя является паразитная генерация в нём. Обычно при паразитной генерации в громкоговорителе слышен непрерывный звук определённой высоты, не исчезающий при замыкании накоротко контура, присоединённого к детекторному диоду (L_{16} и C_{18} на рис. 35).

Причиной возникновения такой генерации является паразитная обратная связь между отдельными ступ-

пенями усилителя или внутри одной из ступеней. Связь между ступенями чаще всего возникает через общий источник анодного питания этих ступеней или через общие для всех ступеней сопротивления смещения, а также в результате ёмкостной или индуктивной связей между проводами и деталями, относящимися к разным ступеням усилителя или к анодной и сеточной цепям одной ступени. Так, например, паразитная генерация может быть вызвана наличием ёмкостной связи между проводами звукоснимателя и громкоговорителя при неудачном расположении проигрывателя и приёмника.

Основными мерами предотвращения паразитной генерации в усилителе являются: шунтирование большой ёмкостью источника анодного питания (в выпрямителях такой ёмкостью является второй конденсатор фильтра), применение развязывающих фильтров в анодных цепях ламп, а также фильтров в сеточных цепях, если на сетки подаётся напряжение с общих сопротивлений, и, кроме того, экранирование проводов и деталей, между которыми может возникнуть паразитная генерация. В частности, экранируются провода, идущие к регулятору громкости и к сетке лампы первой ступени. Кроме того, для предотвращения паразитной генерации провода, соединяющие переходный конденсатор с анода лампы первой ступени на управляющую сетку лампы выходной ступени (C_{26} на рис. 35), должны быть как можно короче. Лучше всего, если этот конденсатор своими выводами непосредственно припаивается к соответствующим гнёздам ламповых панелей. Наконец, ещё одной мерой предотвращения паразитной генерации является шунтирование на корпус конденсатором небольшой ёмкости (C_{24} на рис. 35) анода лампы первого усилителя и шунтирование ёмкостью порядка 2—5 тыс. *мкмкф* первичной обмотки выходного трансформатора.

Причинами возникновения генерации при соблюдении перечисленных выше мер чаще всего являются уменьшение ёмкости второго конденсатора фильтра выпрямителя и обрывы выводов внутри конденсаторов развязывающих фильтров (C_{22} и C_{23} на рис. 35) и в шунтирующих конденсаторах C_{24} и C_{23} на рис. 35). Неисправный конденсатор обнаруживается по прекращению паразитной генерации при подсоединении вместо него исправного.

Если проверкой установлено, что конденсаторы исправны, возможной причиной генерации следует считать нали-

чие паразитной обратной связи в усилителе из-за неудачного расположения проводов или деталей. Так, например, генерация может возникнуть при слишком близком расположении выходного трансформатора к управляющей сетке лампы первой ступени или при параллельном расположении провода, идущего от анода выходной лампы, с проводами анодной или сеточной цепи лампы первой ступени. Для прекращения генерации нужно изменить расположение проводов, между которыми возможна вредная связь, и уменьшить их длину.

При невозможности сделать это нужно заэкранировать провода, надев на них чулок из металлической оплётки и соединив оплётку с корпусом.

Помимо генерации, проявляющейся в виде непрерывного звука, в усилителях может иногда возникнуть генерация в виде прерывающегося звука низкого тона. Причиной возникновения такой генерации является обрыв в сопротивлениях утечки сетки входной или первой ступени усилителя (R_{11} и R_{17} на рис. 35).

Иногда в усилителях низкой частоты возникает генерация на частотах, не слышимых ухом. Проявляется такая генерация в виде искажений, не устраняющихся при изменении режима ламп и понижения громкости до минимума. Обнаружить такую генерацию можно посредством наблюдения за режимом ламп усилителя низкой частоты при подсоединении между управляющей сеткой и катодом этих ламп конденсаторов ёмкостью порядка 5—10 тыс. *мкмкф*. В случае генерации напряжение на экранирующей сетке выходной лампы и на аноде первой лампы, в момент подсоединения конденсатора, будет изменяться.

Меры борьбы с такого рода генерацией те же, что и при генерации на звуковых частотах.

Проверка детектора. При исправных деталях и монтаже детектор налаживания не требует.

Проверить исправность детектора можно при помощи генератора сигналов, подведя от последнего модулированное напряжение с частотой, равной промежуточной, к контуру, соединённому с диодом (L_{16} и C_{18} на рис. 35). Напряжение подводится через ёмкость порядка 150—200 *мкмкф*. При исправной работе детектора в громкоговорителе на выходе приёмника должны быть слышны колебания звуковой частоты, полученные в результате детек-

тирования модулированного напряжения промежуточной частоты, подведённого от генератора.

Налаживание усилителя промежуточной частоты. Налаживание усилителя промежуточной частоты при исправном монтаже, деталях и установленном режиме ламп сводится к точной настройке контуров его фильтров на выбранную для данного приёмника постоянную промежуточную частоту. Для настройки к управляющей сетке лампы, в анодную цепь которой включён настраиваемый фильтр, подводят модулированное напряжение промежуточной частоты. Чем точнее каждый из контуров фильтра настроен на промежуточную частоту, тем больше будет на выходе приёмника напряжение звуковой частоты, которой модулировано напряжение промежуточной частоты. Таким образом, по величине напряжения звуковой частоты на выходе приёмника можно судить о том, насколько точно настроен на промежуточную частоту тот или иной из контуров фильтра. Следовательно, включив на выходе приёмника вольтметр, измеряющий величину напряжения звуковой частоты, можно по показаниям этого вольтметра производить настройку контуров.

Модулированное напряжение промежуточной частоты, на которую нужно настроить контуры фильтров, получают от генератора сигналов, а величину напряжения звуковой частоты на выходе приёмника измеряют при помощи купроксных или ламповых вольтметров.

Существуют специальные вольтметры, так называемые измерители выхода, предназначенные для измерения напряжений на выходе приёмника. В радиолюбительских условиях в качестве измерителя выхода может быть использован любой вольтметр, позволяющий измерять напряжения звуковых частот.

Вольтметр в зависимости от его шкалы можно подсоединить либо параллельно звуковой катушке громкоговорителя, либо через конденсатор параллельно первичной обмотке выходного трансформатора.

Настройку контуров можно производить также и с помощью высокоомного вольтметра постоянного тока, присоединяя его параллельно сопротивлению в цепи детекторного диода (R_8 на рис. 35). При точной настройке показания этого вольтметра так же, как и включённого на выходе приёмника, будут наибольшими.

Если в приёмнике есть оптический индикатор настройки, можно совсем не пользоваться вольтметрами и настраивать контуры по показаниям индикатора, тёмный сектор которого при точной настройке сужается.

При отсутствии вольтметров настройку можно производить на слух, по громкости звука в громкоговорителе, однако, точность настройки при этом ниже, чем с вольтметрами.

Приступая к настройке фильтров, нужно прежде всего подключить параллельно переменному конденсатору контура гетеродина конденсатор ёмкостью порядка 0,5 *мкф*. Это делается для того, чтобы сорвать (прекратить) генерируемые гетеродином колебания, так как при наличии последних могут появиться помехи, осложняющие настройку. Затем очень полезно замкнуть накоротко сопротивление в цепи диода АРЧ (R_{16} на рис. 35) для того, чтобы прекратить её действие, при котором настройка контуров может оказаться недостаточно острой.

Настройку начинают с фильтра, включённого в цепь анода последней усилительной лампы. В приёмниках с одной ступенью усиления таким фильтром будет являться второй (на рис. 35 включённый в анодную цепь лампы 6К7).

К управляющей сетке этой лампы подводят модулированное напряжение промежуточной частоты от генератора сигналов, для чего выходной зажим последнего через ёмкость порядка 100 — 200 *мкмкф* соединяют с сеткой, а нулевой зажим с корпусом приёмника. Лучше всего при этом провод, подходящий к сетке от предыдущей ступени, отсоединить.

Между сеткой и корпусом, в случае отсоединения этого провода, нужно включить постоянное сопротивление порядка 50 тыс. *ом*. Подводку напряжения от генератора сигналов желательно производить экранированным кабелем (рис. 36).

Подсоединив к выходу приёмника или к сопротивлению в цепи детектора вольтметр, настраивают на промежуточную частоту генератор сигналов, включают модуляцию и, дав генератору прогреться 15 — 20 *мин* (это нужно для того, чтобы генерируемая им частота во время работы не изменялась), подают напряжение на приёмник и приступают к настройке фильтра. Первым настраивают контур, подсоединённый к детектору.

В любительских приёмниках обычно применяются фабричные фильтры промежуточной частоты. Настройка контуров в этих фильтрах осуществляется изменением индуктивности катушек посредством перемещения внутри катушек сердечников из магнетита или карбонильного железа.

При настройке, вращая сердечник, перемещают его в том направлении, при котором показания вольтметра на выходе или громкость звука возрастают. Точной настройке соответствует положение сердечника, при котором вра-

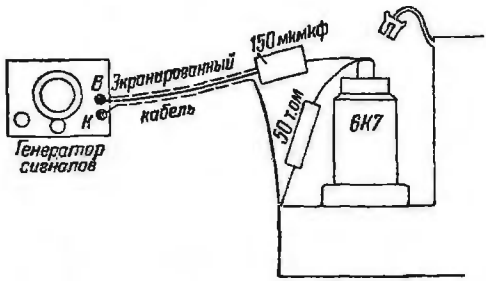

Рис. 36. Как подводится напряжение от генератора сигналов

щение его как в одну, так и в другую сторону приводит к уменьшению показаний вольтметра или громкости звука.

Во время настройки, по мере возрастания показаний вольтметра или громкости звука, нужно уменьшать выходное напряжение генератора сигналов до величины, при которой вольтметр на выходе приёмника показывает не более одной трети от величины максимального напряжения, или звук едва слышен.

Настроив контур, присоединённый к детектору, переходят к настройке контура, включённого в цепь анода лампы. Последний настраивают точно так же, как и контур, присоединённый к детектору. Нужно иметь в виду, что настройка одного из контуров фильтра всегда вызывает небольшую расстройку другого, уже ранее настроенного, поэтому процесс настройки каждого из контуров нужно повторить несколько раз, пока они оба не окажутся настроенными точно на промежуточную частоту.

Затем приступают к настройке контура фильтра, включённого в цепь анода следующей по направлению ко входу приёмника лампы. Для этого провод от генератора

вместе с конденсатором переносится на управляющую сетку лампы (если эта лампа преобразователя,—то на сетку, к которой должно подводиться напряжение принимаемого сигнала), а к управляющей сетке лампы с уже настроенным фильтром присоединяется ранее отключённый провод. Сам процесс настройки не отличается от описанного выше. При настройке, как и ранее, нужно уменьшать выходное напряжение генератора по мере возрастания показаний вольтметра или громкости звука.

Настройка остальных контуров фильтра, если они есть, производится таким же образом, как описано выше.

Одним из неприятных явлений, с которым приходится сталкиваться при настройке усилителя промежуточной частоты, является возникновение в нём паразитной генерации. Паразитная генерация обычно проявляется в виде сильного шипения и свистов в громкоговорителе. Наличие паразитной генерации можно также установить по самопроизвольным колебаниям стрелки вольтметра во время настройки контуров.

Как упоминалось ранее, причиной возникновения паразитной генерации являются всякого рода паразитные обратные связи как внутри отдельной ступени усилителя, так и между ступенями.

Ликвидировать паразитную генерацию можно посредством увеличения ёмкости конденсаторов в развязывающих фильтрах и конденсаторов, шунтирующих экранирующие сетки ламп на корпус (C_{15} и C_{19} на рис. 37), а также изменением расположения проводов, связь между которыми может вызвать паразитную генерацию. Кроме того, следует попробовать поменять местами концы одной из обмоток фильтра промежуточной частоты. Если при помощи этих мер ликвидировать генерацию не удаётся, нужно попробовать несколько снизить напряжение на экранирующих сетках ламп усилителя.

Закончив налаживание усилителя, отсоединяют ранее присоединённый конденсатор от переменного конденсатора контура гетеродина и переходят к налаживанию смесителя и гетеродина.

Налаживание смесителя и гетеродина. Налаживание смесителя состоит в подгонке напряжений на электродах смесительной лампы.

Налаживание гетеродина начинают с проверки его генерации на каждом из поддиапазонов.

Для проверки генерации между экранирующей сеткой преобразовательной лампы и корпусом, или параллельно конденсатору развязывающего фильтра анодной цепи гетеродина (C_{12} на рис. 35), присоединяют высокоомный вольтметр и пальцем касаются вывода гетеродинной сетки лампы. Если при этом напряжение, которое показывает вольтметр, изменится, — гетеродин генерирует. Такую проверку нужно произвести в нескольких точках каждого поддиапазона.

При отсутствии генерации на всех поддиапазонах нужно попробовать заменить лампу. Если это не поможет, причину нужно искать в повреждениях деталей, входящих в общие для всех поддиапазонов цепи (например, замыкание пластин переменного конденсатора контура гетеродина или обрыв в цепи управляющей сетки гетеродинной части лампы и т. п.). Если генерация отсутствует только на некоторых поддиапазонах, нужно проверить цепи и детали, относящиеся к этим поддиапазонам (целость катушек, конденсаторов, исправность контактов переключателя и пр.).

Одной из частых причин отсутствия генерации является неправильное включение концов катушек колебательного контура и обратной связи. При правильном включении начало контурной катушки и конец катушки обратной связи, если они обе намотаны в одну сторону, должны быть присоединены соответственно к управляющей сетке и аноду гетеродинной части лампы.

Неустойчивая генерация или генерация на части поддиапазона является следствием недостаточно высокого напряжения на аноде гетеродинной части лампы или недостаточной связи между катушками контура и обратной связи. Увеличивать связь следует лишь в том случае, если повышение напряжения на аноде гетеродинной части на 20 — 30 *в* не улучшает генерации. Увеличить связь можно, сблизив между собой катушки контура и обратной связи или несколько увеличив число витков катушки обратной связи.

Добившись устойчивой генерации гетеродина на всех поддиапазонах, на каждом из них производят подгонку перекрываемого контуром гетеродина диапазона частот в соответствии с требуемыми границами диапазона принимаемых частот. Эта операция называется укладкой диапазонов гетеродина.

Настройкой контура гетеродина определяется генерируемая гетеродином частота. Эта частота, как мы знаем, всегда должна быть выше принимаемой на величину промежуточной, так как только при этом условии супергетеродин может быть настроен на принимаемую частоту. Таким образом, если например, границами принимаемых частот длинноволнового поддиапазона супергетеродина являются 150 и 430 *кгц*, то для того, чтобы можно было настраиваться на любую из лежащих в этих границах частот, нужно, чтобы гетеродин при промежуточной частоте 460 *кгц* перекрывал диапазон частот от 150 + 460 = 610 *кгц* до 430 + 460 = 890 *кгц*. Поэтому, при укладке диапазона гетеродина, величины ёмкости и индуктивности в его контуре на этом поддиапазоне должны быть подогнаны так, чтобы при установке агрегата конденсаторов на максимальную ёмкость (при которой должна приниматься самая низкая частота поддиапазона, т. е. 150 *кгц*) контур гетеродина настраивался на 610 *кгц* и при установке на минимальную ёмкость (для приёма частоты 430 *кгц*) — на 890 *кгц*. В этом случае при установке агрегата на максимальную и минимальную ёмкости супергетеродин окажется настроенным соответственно на 150 и 430 *кгц*, так как только эти частоты будут преобразовываться в промежуточную частоту 460 *кгц*. Следовательно, если при этом к управляющей сетке преобразовательной лампы подвести модулированное напряжение с частотой 150 или 430 *кгц*, то при установке агрегата соответственно на максимальную или минимальную ёмкости на выходе приёмника должно появиться напряжение звуковой частоты, которой модулировано напряжение, подводимое к управляющей сетке лампы. Таким образом, укладку диапазонов гетеродина можно производить при помощи генератора сигналов, по показаниям вольтметра на выходе приёмника, или по громкости звука в громкоговорителе.

Укладку диапазонов гетеродина можно начинать с любого поддиапазона, если для каждого из них применяются отдельные контурные катушки. Если же катушки коротковолнового и средневолнового поддиапазонов являются одновременно частями катушки длинноволнового поддиапазона, укладку нужно производить в следующем обязательном порядке: сначала на коротковолновом поддиапазоне, затем на средневолновом и после этого на длинноволновом. При этом подгонку величины индуктивности на каж-

дом поддиапазоне нужно производить так, чтобы не изменять уже подогнанной при укладке предыдущего поддиапазона, т. е., например, при укладке длинноволнового поддиапазона нужно изменять величину индуктивности только той части катушки, которая входит в контур только при переключении на длинноволновый поддиапазон.

Переключив приёмник на поддиапазон, с которого нужно начинать укладку, устанавливают агрегат конденсаторов на максимальную ёмкость и подстроечный полупеременный конденсатор в контуре гетеродина в среднее положение. К управляющей сетке преобразовательной лампы, от генератора сигналов подводят модулированное напряжение самой низкой частоты из принимаемых на данном поддиапазоне (например, 150 *кгц* для длинноволнового поддиапазона приёмника, описанного выше). Подводку напряжения осуществляют так же, как и при настройке фильтров промежуточной частоты, т. е. через ёмкость порядка 100—200 *мкмкф*, экранированным кабелем. Провод, подходящий к сетке от входного контура, лучше всего отключить и между сеткой и корпусом присоединить постоянное сопротивление порядка 50 тыс. *ом*. К выходу приёмника подключают вольтметр, измеряющий величину напряжения звуковой частоты.

Подгонку генерируемой гетеродином частоты на низкочастотном конце поддиапазона производят посредством изменения величины индуктивности катушки (L_7, L_9 или L_{11} на рис. 35). Способ изменения величины индуктивности зависит от конструкции катушки. В фабричных приёмниках обычно применяются катушки, изменение величины индуктивности которых производится посредством перемещения внутри катушки сердечника из магнетита или карбонильного железа. Изменение величины индуктивности катушек в любительских приёмниках часто производится посредством перемещения части витков, намотанных на специальную подвижную секцию, или просто сматыванием и доматыванием нужного количества витков.

При подгонке величины индуктивности её нужно устанавливать такой, чтобы изменение её в любую сторону приводило к уменьшению показаний вольтметра на выходе или громкости звука в громкоговорителе. Во время подгонки выходное напряжение генератора сигналов по мере возрастания показаний вольтметра или громкости звука уменьшают, как указывалось ранее.

Подогнав частоту гетеродина на низкочастотном конце поддиапазона, переходят к её подгонке на высокочастотном конце. Для этого агрегат конденсаторов устанавливается на минимальную ёмкость и генератор сигналов настраивается на самую высокую частоту из принимаемых на данном поддиапазоне (например, 430 *кгц* для длинноволнового поддиапазона). Подгонку генерируемой частоты на высокочастотном конце поддиапазона производят посредством изменения величины ёмкости подстроечного полупеременного конденсатора контура (C_7, C_8 или C_9 на рис. 35), устанавливая его ротор в такое положение, изменение которого в любую сторону приводит к уменьшению показаний вольтметра или громкости звука.

Подгонка частоты гетеродина на одном из концов поддиапазона вызывает некоторое изменение её на другом конце, поэтому подгонку на каждом из концов поддиапазона нужно попеременно повторять до тех пор, пока гетеродин не окажется настроенным на нужные частоты на обоих концах. При этом следует помнить, что подгонка на низкочастотном конце поддиапазона производится изменением величины индуктивности, а на высокочастотном — ёмкости.

Возрастание показаний вольтметра или громкости звука при увеличении ёмкости подстроечного конденсатора вплоть до максимальной указывает на недостаточную ёмкость этого конденсатора. В этом случае параллельно подстроечному конденсатору нужно подпаять постоянный конденсатор, подобрав величину его ёмкости так, чтобы можно было установить требуемую частоту при среднем положении ротора подстроечного конденсатора.

Признаком недостаточной индуктивности катушки является возрастание показаний вольтметра или громкости звука при увеличении индуктивности вплоть до максимальной. Чтобы довести индуктивность до требуемой величины, число витков катушки нужно увеличить.

При слишком большой индуктивности катушки наибольшие показания вольтметра или громкость звука в громкоговорителе будут получаться не при максимальной ёмкости конденсаторов агрегата, а при несколько меньшей. В этом случае количество витков катушки нужно уменьшить, смотав некоторую часть их. Сматывать нужно по небольшому количеству витков, проверяя после

каждого сматывания получающуюся частоту гетеродина.

Описанным выше способом производится укладка всех поддиапазонов.

Наличие экрана на катушке уменьшает её индуктивность. Поэтому, если для катушек предусмотрены экраны, укладку диапазонов, как и вообще всякую подстройку контуров, нужно производить с обязательно установленными на свои места экранами.

При укладке коротковолнового поддиапазона напряжение звуковой частоты на выходе приёмника может быть получено при двух положениях ротора подстроечного конденсатора. Правильным будет положение, соответствующее меньшей ёмкости этого конденсатора. При большей ёмкости частота гетеродина будет не выше, а ниже принимаемой на величину промежуточной частоты.

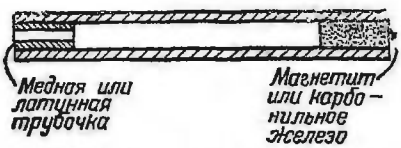

Рис. 37. Индикаторая палочка

Определять, в какую сторону нужно изменять величину индуктивности или ёмкости в контуре при его настройке, очень удобно при помощи специального пробника — индикаторной палочки. Этот пробник представляет собой палочку или трубочку из какого-нибудь изоляционного материала, на одном из концов которой укреплён сердечник из магнетита или карбонильного железа, а на другом — толстостенная трубочка или цилиндрик из красной меди или латуни (рис. 37).

Вводя внутрь катушки конец палочки с магнетитом, мы тем самым увеличиваем индуктивность этой катушки. Если при этом напряжение, которое показывает вольтметр на выходе приёмника, или громкость звука в громкоговорителе возрастают, индуктивность катушки или ёмкость подстроечного конденсатора (при подгонке высокочастотного конца поддиапазона) нужно увеличивать. Если же увеличение выходного напряжения получается при введении конца с медью, индуктивность или ёмкость нужно уменьшать. При точном соответствии величины индуктивности или ёмкости требуемому значению введение внутрь катушки любого из концов палочки будет приводить к уменьшению напряжения на выходе.

Индикаторная палочка совершенно необходима при настройке контуров, в которых изменение величины индуктивности производится посредством изменения числа витков катушки.

Сопряжение настроек контуров. Закончив укладку диапазонов гетеродина, приступают к сопряжению настроек его контуров с настройками входных контуров.

При укладке диапазона гетеродина величины индуктивностей и ёмкостей в каждом из его контуров подгонялись так, чтобы контур, при установке агрегата конденсаторов на максимальную и минимальную ёмкости, настраивался на частоты, превышающие самую низкую и самую высокую из принимаемых на данном поддиапазоне на величину промежуточной частоты. Для сопряжения настроек входных контуров и контуров гетеродина величины индуктивностей и ёмкостей входных контуров нужно подогнать так, чтобы каждый из них при максимальной и минимальной ёмкостях конденсаторов агрегата оказался настроенным соответственно на самую низкую и самую высокую из частот, принимаемых на данном поддиапазоне. Так, например, если на длинноволновом поддиапазоне при промежуточной частоте 460 *кгц* контур гетеродиина при максимальной и минимальной ёмкостях конденсаторов агрегата настраивался на 610 и 890 *кгц* (т. е. на частоты, которые при этом должен был генерировать гетеродин), то входной контур при сопряжении должен оказаться настроенным соответственно на 150 и 430 *кгц*.

При правильно выбранных величинах ёмкостей сопрягающих конденсаторов (C_{10} и C_{11} на рис. 35 и 37) сопряжение настроек контуров будет получаться не только в начале и конце каждого из поддиапазонов, но и на всём протяжении этих поддиапазонов (т. е. при повороте оси агрегата конденсаторов на любой угол).

Сопряжение настроек начинают с того же поддиапазона, с которого начиналась укладка диапазонов гетеродина. Прежде чем начинать сопряжение, к управляющей сетке лампы присоединяют ранее отсоединённый от неё провод от входного контура.

К антенному гнезду приёмника через конденсатор ёмкостью порядка 100—200 *мкмкф*, а на коротковолновом поддиапазоне через непроволочное сопротивление поряд-

ка 300 *ом*, от генератора сигналов подводят модулированное напряжение самой низкой частоты, принимаемой на данном поддиапазоне. Установив агрегат переменных конденсаторов на максимальную ёмкость, а подстроечный конденсатор входного контура в среднее положение, и уточнив настройку по максимальному напряжению или громкости на выходе приёмника, производят подгонку индуктивности катушки входного контура так, как это делалось при укладке диапазонов гетеродина, т. е. устанавливают величину индуктивности такой, чтобы изменение её в любую сторону приводило к уменьшению показаний вольтметра на выходе приёмника или громкости звука в громкоговорителе.

Затем переходят к подгонке сопряжения на высокочастотном конце поддиапазона, для чего агрегат конденсаторов устанавливают на минимальную ёмкость и генератор сигналов перестраивают на самую высокую из частот, принимаемых на данном поддиапазоне. Подгонку производят посредством регулировки ёмкости подстроечного конденсатора точно таким же образом, как и при укладке диапазонов гетеродина.

Процесс подгонки величин индуктивностей и ёмкостей попеременно повторяют до тех пор, пока контур не будет настраиваться на крайние частоты поддиапазона при максимальной и минимальной ёмкостях конденсаторов агрегата. При подгонке так же, как и при укладке диапазонов, пользуются индикаторной палочкой.

Сопряжение настроек контуров на коротковолновом поддиапазоне обычно производят только на его высокочастотном конце. Этого оказывается достаточным для получения хорошего сопряжения по всему диапазону.

При сопряжении контуров выходное напряжение генератора сигналов нужно регулировать так же, как и при укладке диапазонов гетеродина или настройке фильтров промежуточной частоты.

По окончании сопряжения супергетеродин можно считать налаженным.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	2
Как работает супергетеродин	3
Элементы схемы и общая схема супергетеродина	16
Налаживание супергетеродина	38

Отв. редактор В. С. Мельников
Редактор А. Х. Якобсон
Техн. редактор А. Б. Вейнтрауб

Л 96960. Сдано в набор 22/IV 1952 г.
Подписано к печати 26/VI 1952 г.
Тираж 30.000 экз. Бум. 84×108¹/₃₂
Печ. л. 4,1. бум. л. 1,12, авт. л. 3,43,
уч.-изд. л. 3,51. Зак. изд. 4809.
Зак. тип. 240. Номинал
по прейскуранту 1952 г. 1 р. 05 коп.

Типография Связьиздата,
Москва, ул. Кирова, 40

Цена 1 руб. 05 коп.